

Georg Fleischmann

Einführung eines Standardisierten Packaging Prozesses zur
Vermeidung von Bauteilkollisionen

DIPLOMARBEIT

HOCHSCHULE MITTWEIDA

UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Fakultät Maschinenbau

Mittweida, 2010

Georg Fleischmann

Einführung eines Standardisierten Packaging Prozesses zur
Vermeidung von Bauteilkollisionen

eingereicht als

DIPLOMARBEIT

an der

HOCHSCHULE MITTWEIDA

UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Fakultät Maschinenbau

Wien, 2010

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Uwe Mahn

Zweitprüfer: Dipl.Ing.(FH) Benjamin Albrecht

Vorgelegte Arbeit wurde verteidigt am:

Bibliografische Angaben:

Fleischmann, Georg:

Einführung eines Standardisierten Packaging Prozesses zur Vermeidung von Bauteilkollisionen – 2010. – 54 S.

Mittweida, Hochschule Mittweida (FH), University of Applied Sciences,
Fakultät Maschinenbau, Diplomarbeit, 2010

Referat:

Ziel der Diplomarbeit ist es, einen Prozess im Engineering zu etablieren, um Bauteilkollisionen über den gesamten Konstruktionsprozess aufzuzeigen und zu vermeiden.

Weiters sollen Verläufe aus den aufgezeichneten Kollisionen erstellt werden, um Rückschlüsse auf den Entwicklungszustand einzelner Komponenten sowie des Gesamtfahrzeugs zu ziehen.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung und Zielsetzung.....	5
1.1 Einleitung.....	5
1.2 Zielsetzung.....	6
2 Ausgangssituation.....	8
2.1 Bauteilkollisionen.....	8
2.2 Produktstruktur.....	9
2.3 Produktdatenmanagement (PDM).....	11
2.4 CAD-System.....	12
2.5 Viewing.....	12
2.6 Arbeitspakete.....	14
2.7 Organisatorische Randbedingungen.....	15
2.8 Status-Meeting.....	16
3 Anforderungen an den Prozess.....	17
4 Entwurf und Umsetzung.....	18
4.1 Entwurf des Prozesses.....	18
4.1.1 Controlling- und Kommunikationskreislauf.....	19
4.1.2 Lifecycle der Kollisionen.....	20
4.1.3 Informationsfluss.....	21
4.1.4 Skalierbarkeit.....	21
4.1.5 Aufwärtskompatibilität.....	22
4.2 Umsetzung des Prozesses.....	23
4.2.1 Administration.....	25
4.2.2 Packaging-Process Collaboration Environment (PPCE).....	26
4.2.3 Kollisionsprüfung.....	28
4.2.4 Postprozess	33
4.2.5 Kollisionsdatenbank.....	34
4.2.6 Login.....	39
4.2.7 PPCE Viewing.....	39
4.2.8 PPCE Controlling.....	45
4.2.9 Kollisionsabsicherungs-Prozess im Status-Meeting.....	50
5 Zusammenfassung und Ausblick.....	51

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Elektroverteiler im Untergestell mit Umgebungsgeometrie (weiß dargestellt).....	9
Abbildung 2: Auszug ZSEL Struktur (EN 15380-2, 2006)S.8.....	10
Abbildung 3: Auszug Grob-Struktur (EN 15380-2, 2006)S.12.....	11
Abbildung 4: ProductView.....	14
Abbildung 5: Arbeitspaket (Hab, Wagner, 2006) S.113.....	14
Abbildung 6: Übersicht des Prozessentwurfes.....	18
Abbildung 7: Entwurf des Controlling- und Kommunikations-Kreislauf.....	20
Abbildung 8: Beispielhafter Verlauf der Kollisionen zwischen Rohbau und Innenausbau.....	20
Abbildung 9: Übersicht des Informationsflusses.....	21
Abbildung 10: Der Gesamtprozess.....	24
Abbildung 11: Administrationsoberfläche.....	25
Abbildung 12: Packaging Process Collaboration Environment.....	27
Abbildung 13: Prüfoberfläche	28
Abbildung 14: Strukturbaum.....	29
Abbildung 15: Beispiel Grob-Baugruppenpaarung.....	31
Abbildung 16: Prozessbaustein – Zu prüfender Wagen.....	31
Abbildung 17: Aktualität der Modelle prüfen.....	32
Abbildung 18: Kollisions-ID prüfen.....	32
Abbildung 19: Kommentierung prüfen.....	33
Abbildung 20: Informations-E-Mail.....	34
Abbildung 21: Übersicht Tabellen.....	36
Abbildung 22: Sicht des Konstrukteurs.....	40
Abbildung 23: Farbmarkierung.....	41
Abbildung 24: Kommentierungsfenster.....	43
Abbildung 25: E-Mail Workflow.....	44
Abbildung 26: Sicht der Engineering Leitung.....	45
Abbildung 27: Verlauf neuer Bauteilkollisionen.....	46
Abbildung 28: Verlauf alter Bauteilkollisionen.....	48
Abbildung 29: Matrixdarstellung.....	49

1 Einleitung und Zielsetzung

1.1 Einleitung

Die langjährige Optimierung der gesamten Prozesskette der Produktentwicklung hat eine immer weiterführende Parallelisierung der Abläufe zur Folge. Eine Konsequenz dessen ist die ständige Zunahme der beteiligten Personen und damit verbunden eine deutliche Erhöhung der Abstimmungsaufwände. Hinzu kommen bei global agierenden internationalen Konzernen komplexe Organisationsstrukturen und eine räumliche Trennung der interdisziplinären Entwicklungsteams. Hier stoßen die bereits etablierten Entwicklungsmethoden wie Simultaneous Engineering an ihre Grenzen. Daraus resultierend steigt das Risiko von unbeabsichtigten Bauteilkollisionen überproportional an.

Um diesen Entwicklungstendenzen Rechnung zu tragen gewinnen die Themengebiete Packaging¹ und systematische Absicherung des Produktentwicklungsprozesses zunehmend an Bedeutung.

Simultaneous Engineering

„Als Simultaneous Engineering-Leitsätze dienen drei knappe, strategieartige Handlungsweisen. Diese geben die Richtung zur Gestaltung des Produktentstehungsprozesses (wie) vor und ermöglichen eine Auswahl der dafür geeigneten Maßnahmen:

- *Parallelisieren*
- *Standardisieren*
- *und Integrieren“* (Bullinger, Warschat, 1997) S15

Im folgenden werden die einzelnen Punkte im Detail ausgeführt, um die Komplexität des gesamten Produktentwicklungsprozesses zu erläutern:

¹ Packaging ist ein Sammelbegriff, der sämtliche Untersuchungen für die Absicherung am Gesamtmodell zusammenfasst

1 Einleitung und Zielsetzung

Parallelisieren: *“Parallelisieren im Produktentstehungsprozeß heißt Zeitverkürzung bzw. -optimierung.[...] Der Vorteil, der auf diese Weise schnelleren Abarbeitung vernetzter Prozesse, wird allerdings mit einer erhöhten Entscheidungskomplexität erkauft.”* (Bullinger, Warschat, 1997) S15-16. Um die notwendigen Informationen für weitere Entscheidungsprozesse zu erhalten, ist es notwendig aufwendige Untersuchungen durchzuführen. Oft werden diese aber nicht im erforderlichen Umfang durchgeführt.

Standardisieren: *“Standardisierung wird definiert als eine dauerhafte und von einzelnen Personen und Ereignissen unabhängige Beschreibung und Regelung verschiedener Aspekte im Produktentstehungsprozeß“* (Bullinger, Warschat, 1997) S16. Diese Methode wurde in den letzten Jahren stark vorangetrieben und hat bereits einen hohen Reifegrad erreicht. Ein wichtiger Aspekt ist die Einführung einer Produktstruktur (siehe 2.2, S9), um die Verteilung der Aufgaben in einzelne Arbeitspakete (siehe 2.6, S14) zu ermöglichen.

Integrieren: *„Entwicklungsaufgabe auf verschiedene Funktionsbereiche ist je nach Aufgabenvolumen mit einer steigenden Schnittstellenproblematik verbunden. Es fallen sogenannte Schnittstellenverluste an[...]“* (Bullinger, Warschat, 1997) S17. Die schnittstellenverantwortlichen Konstrukteure haben oft das Problem, dass ein Absichern der Schnittstellen aufgrund des langen Produktentwicklungszyklus und der Komplexität der Schnittstellen zu aufwendigen Untersuchungen führen, die zum Teil auch nach der Fertigstellung der eigenen Komponente noch durchgeführt werden müssen.

1.2 Zielsetzung

Ziel dieser Diplomarbeit soll es sein eine Methode zu entwickeln die Konstrukteure, Komponentenverantwortliche (siehe 2.7, S15) und die Projektleitung in die Lage versetzt den Konstruktionsprozess hinsichtlich Bauteilkollisionen abzusichern und die Entwicklungszeit im Engineering zu verkürzen.

Bauteilkollisionen im 3D-CAD müssen über den gesamten Projektverlauf vermieden werden, d.h. die Konstrukteure sowie die Baugruppenverantwortlichen müssen in regelmäßigen Abständen über den gesamten Projektverlauf die Schnittstellen hinsichtlich Bauteil-

1 Einleitung und Zielsetzung

kollisionen absichern. Da der Entwicklungszyklus und die Anzahl der Schnittstellen je nach Komponente aufgrund unterschiedlicher Wagentypen sowie unterschiedlicher Einbaulage sehr hoch sein kann, kommt es immer wieder zu unbeabsichtigten Bauteilkollisionen, die entweder sehr spät im Engineering, beim Lieferanten oder erst in der Fertigung erkannt werden.

Darüber hinaus soll anhand der Verläufe der Bauteilkollisionen eine Visualisierung des Produktreifegrades möglich sein. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse sollen Rückschlüsse für das Termin- bzw. Kosten-Controlling ermöglichen.

Vermeidung von Fehlleistungskosten: Fehlleistungskosten werden umso höher je später die Bauteilkollisionen im Projekt erkannt werden. Je früher Bauteilkollisionen erkannt und beseitigt werden, desto weniger ungeplante Änderungen und damit verbundene Fehlleistungskosten fallen an. Zusätzlich werden unnötig komplexe Konstruktionen vermieden, da in der frühen Projektphase besser auf die daraus resultierenden Probleme reagiert werden kann.

Absicherung von Terminen: Durch ein frühzeitiges Erreichen eines hohen Produktreifegrades wird die Terminalsicherheit erhöht und ungeplante Änderungen kurz vor bzw. nach dem Prüf- und Freigabeprozess eines Arbeitspaketes vermieden. Die daraus erhaltene Terminalsicherheit gewährleistet den anschließenden Prozessen die notwendige Abarbeitungszeit.

Entlastung des Konstrukteurs: Infolge immer komplexer werdender Schnittstellen erhöht sich der zeitliche Aufwand für deren Absicherung, wodurch den Konstrukteuren immer weniger Zeit für konstruktive Tätigkeiten zu Verfügung steht. Um diesen Entwicklungen entgegenzuwirken, soll der Konstrukteur in die Lage versetzt werden seine Schnittstellen hinsichtlich Bauteilkollisionen zeitlich optimiert abzusichern.

2 Ausgangssituation

2.1 Bauteilkollisionen

Das strukturübergreifende parallele Bearbeiten einer Vielzahl von Arbeitspaketen über das PDM-System stellt eine der Hauptursachen für die Entstehung von Bauteilkollisionen dar. Die einzelnen Konstrukteure setzen in Eigenverantwortung ihre schnittstellenrelevanten Umgebungsgeometrien in Form entsprechender Baugruppen zusammen (siehe Abbildung 1) und sichern diese über den gesamten Projektverlauf ab. Dieser Vorgang erfolgt mittels verschiedener Methoden vollständig manuell und ist aufgrund der Produktkomplexität und der zeitlichen Überlagerung der einzelnen Arbeitspakete entsprechend fehleranfällig.

Die im CAD vorhandenen Möglichkeiten der Kollisionsuntersuchung unterstützen den Konstrukteur nur unzureichend. Das Aufbereiten der Daten und die anschließende Auswertung der Informationen für eine Vielzahl von Baugruppen und Einbausituationen über den gesamten Verlauf eines Projektes hinweg ist unverhältnismäßig aufwendig.

Eine weitere Ursache für das Auftreten von Bauteilkollisionen trotz Einsatz von 3D-CAD sind Bauteiltoleranzen, welche im CAD nicht abgebildet werden und damit für Kollisionsuntersuchungen nicht zur Verfügung stehen. Dies gilt ebenso für Schweißnähte, diese werden bei Siemens Mobility nur symbolisch dargestellt.

2 Ausgangssituation

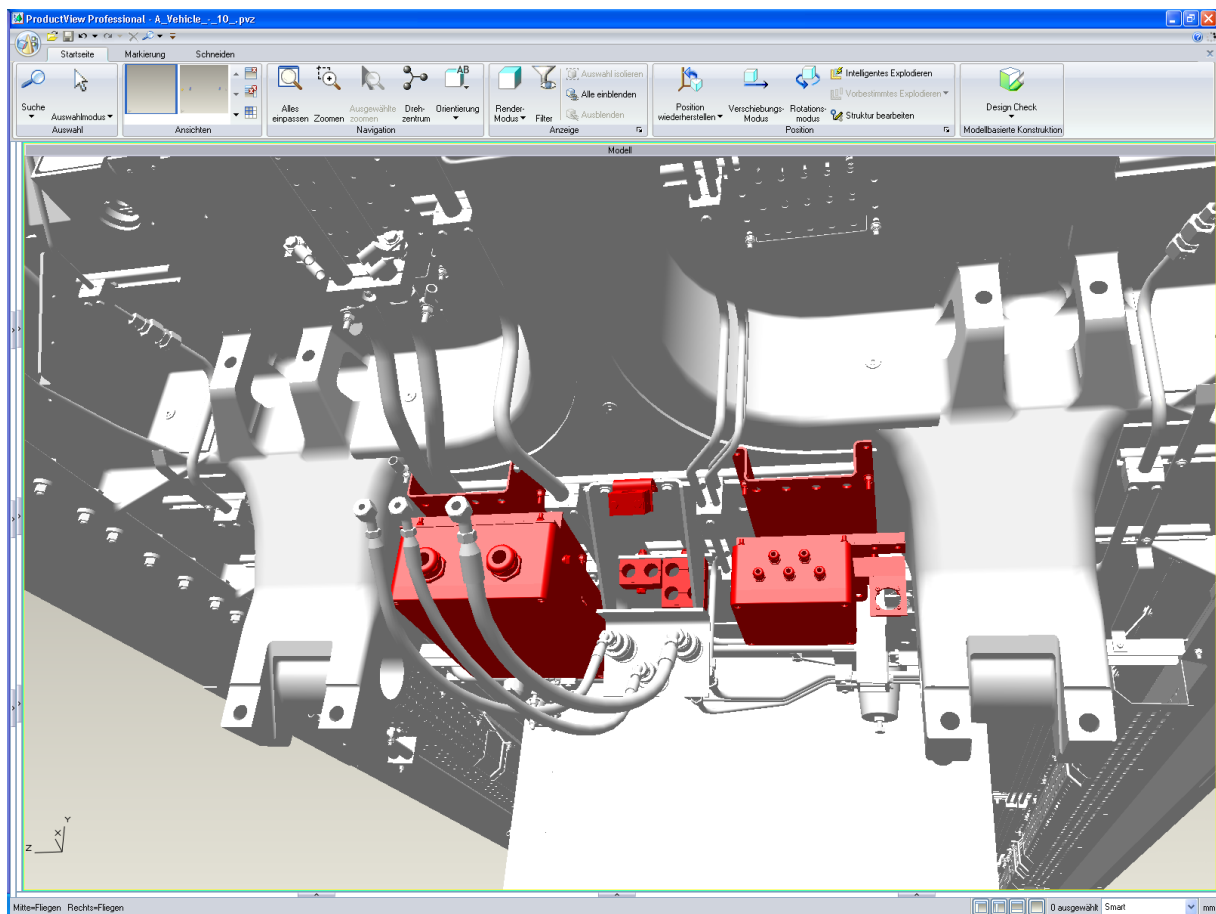


Abbildung 1: Elektroverteiler im Untergestell mit Umgebungsgeometrie (weiß dargestellt)

2.2 Produktstruktur

„Unter Produktstruktur versteht man die strukturierte Zusammensetzung des Produktes aus seinen Komponenten. Baugruppen und Einzelteile führen dabei zu Strukturstufen, indem sie Komponenten auf tiefere Ebene in der Produktstruktur zusammenfassen.“ (Schuh, 2005) S.119

Die Produktstruktur bei Siemens Mobility wird gemäß EN 15380-3 im PLM-, CAD- angelegt. Die Struktur wird den Projektbedürfnissen angepasst und nicht verwendete Strukturzweige entfernt. Die Produktstruktur bei Siemens Mobility unterscheidet zwischen den **Zentralen Struktur Elementen** (im weiteren abgekürzt durch ZSEL) und den Grob-Struktur-Elementen².

² Als Grob-Struktur-Elemente werden jene Baugruppen bezeichnet die am Anfang der Produktentwicklung bereits definiert sind

2 Ausgangssituation

Die ZSEL's dienen der Zusammenfassung von anderen Strukturelementen. Wie die Abbildung 2 zeigt, entsprechen die ZSEL den Haupt- und Unterbaugruppen der DIN EN 15380-2, wobei die Hauptbaugruppen die 1. Ebene der Struktur abbilden und die Unterbaugruppen die 2. Ebene.

C	A	Fahrzeugausbau	ZSEL-1. Struktur Ebene
	B	Fenster	
	C	Fußboden	ZSEL-2. Struktur Ebene
	D	Innenverkleidung	
	E	Trennwände	
	F	Außenanbauten	
	G	Fahrzeuglackierung	
	H	Isolierung	
D	A	Fahrzeuginneneinrichtung	ZSEL-1. Struktur Ebene
	B	Haltestangen, Griffe (Innenbereich)	ZSEL-2. Struktur Ebene
	C	Sitze, Liegen, Tische	
	D	Sanitäreinrichtungen	
	E	Gepäckablagen	
	F	Zusätzliche Einrichtungen	

Abbildung 2: Auszug ZSEL Struktur (EN 15380-2, 2006)S.8

Als **Grob-Struktur-Elemente** bezeichnet man alle in sich geschlossene Baugruppen, die eine am Fahrzeug verbaute Komponente beschreiben. Wie Abbildung 3 zeigt, werden die Grob-Baugruppen in die ZSEL-Baugruppen eingebaut.

2 Ausgangssituation

C	D	Innen- verkleidung	Deckenklappe	Grob-Struktur Ebene
C	D		Deckenverkleidung	
C	D		Friesverkleidung	
C	D		Führerraumverkleidung	
C	D		Heizkörperverkleidung	
C	D		Reinigungsklappe	
C	D		Rückwandverkleidung	
C	D		Schrankverkleidung	
C	D		Seitenwandklappe	
C	D		Seitenwandverkleidung	
C	D		Stirnwandklappe	
C	D		Stirnwandverkleidung	
C	E	Trennwand	Abteiltrennwand	Grob-Struktur Ebene
C	E		Glastrennwand	
C	E		Kofferregal	
C	E		Längswand	
C	E		Querwand	

↑ ZSEL - 2. Struktur Ebene

↑ ZSEL - 1. Struktur Ebene

Abbildung 3: Auszug Grob-Struktur (EN 15380-2, 2006)S.12

2.3 Produktdatenmanagement (PDM)

Das bei Siemens Mobility eingesetzte PDM-System ist Windchill PDM-Link. Innerhalb des PDM-Systems werden alle produktbeschreibenden Daten und Dokumente über den gesamten Verlauf der Produktentwicklung verwaltet. Das PDM-System ist damit Teil des internen Informationssystems und ist stark an die Abläufe des Unternehmens angepasst. Desweiteren sind im Workflow-Management des PDM-Systems Methoden und Regeln

2 Ausgangssituation

des Produktdatenmanagements implementiert. Hauptaspekt des Einsatzes von PDM-Systemen ist die Beherrschung von Produktkomplexität bei einem immer höher werdenden Vernetzungsgrad innerhalb der Produktdaten, die lückenlose Reproduzierbarkeit von Arbeitsständen und das Ermöglichen eines Konfigurationsmanagements.

2.4 CAD-System

Das führende 3D-CAD-System bei Siemens Mobility ist ProEngineer. Alle 3D-CAD Daten werden innerhalb dieser Software erstellt. ProEngineer ist ein auf Konstruktionselementen basierendes vollparametrisches CAD-System. Die CAD Objekte werden in Einzelteile, Baugruppen und Zeichnungen unterteilt und sind assoziativ. Das CAD-System ProEngineer ist ein weltweit verbreiteter Industriestandard.

Es besteht eine tiefe Integration des PDM-Systems Windchill PDM-Link. Beide Softwarelösungen stammen aus dem gesamtheitlichen Produktentwicklungssystem (PDS) der Firma Parametric Technology Corporation (im weiteren abgekürzt durch PTC). Die im CAD erzeugten Abhängigkeiten der Komponenten, Baugruppen und Zeichnungen lassen sich innerhalb des PDM-Systems verwalten.

Vereinfachte Darstellungen werden durch ein- oder ausschließen von Komponenten oder Baugruppen erzeugt. Es wird definiert welche Komponenten in eine Sitzung geladen und angezeigt werden. Durch Erzeugen vereinfachter Darstellungen wird das regenerieren und anzeigen des Modells beschleunigt.

Mit der globalen Durchdringungsanalyse wird das geladene CAD-Model nach den definierten Kriterien auf Bauteilkollisionen untersucht. Ist beim Ausführen einer solchen Analyse eine vereinfachte Darstellung aktiv, werden ausschließlich Durchdringungen bzw. Bauteilkollisionen der dargestellten Komponenten ermittelt.

2.5 Viewing

Als Standard Viewing Software wird bei Siemens Mobility ProductView eingesetzt (siehe Abbildung 4). Die erforderlichen Viewing Daten werden zweimal wöchentlich aus den na-

2 Ausgangssituation

tiven ProEngineer CAD-Daten konvertiert und durch das PDM-System bereitgestellt.

Durch den Vorgang des Tesselierens wird die CAD Geometrie in die für Grafikkarten optimierte Darstellung von Dreiecksflächen konvertiert. Die Datenmenge wird dadurch auf einen Bruchteil der Ausgangsgröße reduziert, da zusätzlich auf die gesamte Historie aller einzelnen Konstruktionselemente innerhalb der CAD-Daten, verzichtet wird.

Diese Technologie ermöglicht die Visualisierung komplexester Baugruppen auf Standardhardware und bietet auch Personen ohne Zugang zum CAD die Möglichkeit, auf aktuelle 3D-Daten der Entwicklung zuzugreifen. Dieses Datenformat ermöglicht damit eine unternehmensweite Nutzung von 3D-Daten. Des Weiteren wird durch diese Methodik ein strukturübergreifendes Analysieren der CAD-Daten ermöglicht. Die Visualisierung von Statusinformationen³ ist hier nur ein mögliches Beispiel.

Das ProductView Datenmodell besteht aus einem Strukturfile, welches die gesamte Geometrieinformation im tesselierten Datenformat und die vollständige Produktstruktur mit allen zugehörigen Strukturinformationen und PDM-Link Metadaten enthält. Mit der integrierten Programmierschnittstelle lassen sich diese Informationen in weitere Anwendungen, wie zum Beispiel einen Internet Browser einbinden. Es bestehen hier umfangreiche Möglichkeiten der Datenmanipulation.

³ Freigabe- oder Bestellstatus

2 Ausgangssituation

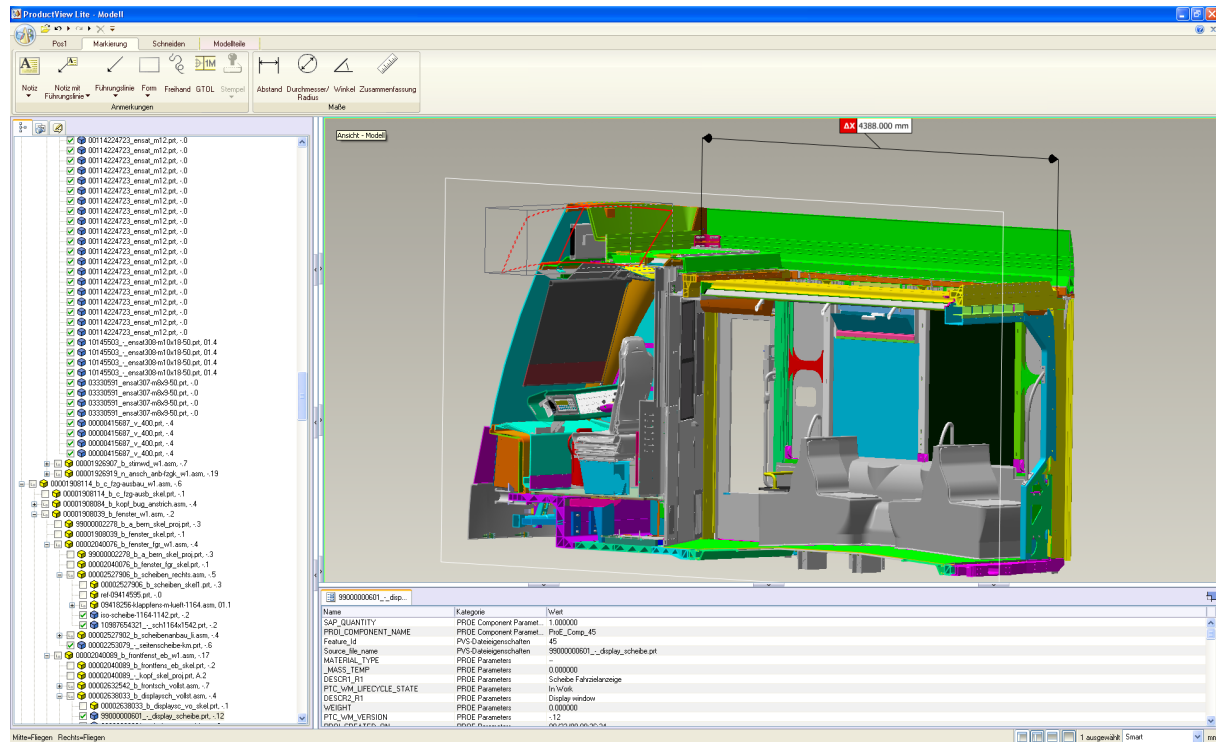


Abbildung 4: ProductView

2.6 Arbeitspakete

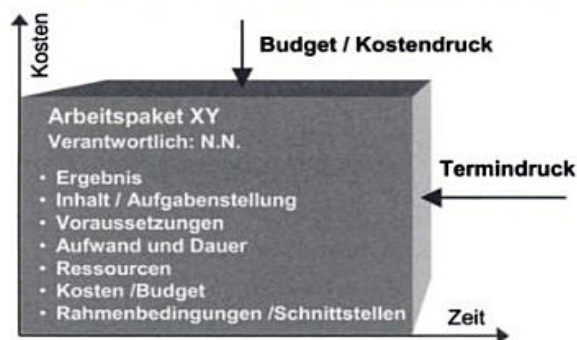


Abbildung 5: Arbeitspaket (Hab, Wagner, 2006) S.113

Ein Arbeitspaket besteht aus einem oder mehreren Grob-Struktur-Elementen. Bei Projektbeginn werden die Arbeitspakete durch die Projektleitung definiert und ein Komponentenverantwortlicher bestimmt. Die Definition eines Arbeitspakets umfasst die in Abbildung 5 gezeigten Parameter, die in den Statusmeetings durch die Projektleitung verfolgt werden. Durch den immer größer werdenden Termin- und Kostendruck steht immer weniger Zeit für Prüfen der Schnittstellen zur Verfügung.

2.7 Organisatorische Randbedingungen

Ein Projekt bei Siemens Mobility wird in drei Phasen unterteilt. In der Phase des Initial Designs werden zunächst die Komponenten technisch ausgelegt und in weiterer Folge wird die Entwurfskonstruktion erstellt. In der darauffolgenden Phase des Basic Designs detaillieren die Konstrukteure die entworfenen Lösungen aus und finalisieren die Schnittstellen. Dieser Abschnitt wird mit einem Design Review abgeschlossen. Nach der Final Design Phase müssen sämtliche konstruktionsbeschreibende Dokumente geprüft und freigegeben im PLM-System hinterlegt sein. Die Verantwortlichkeiten für die unterschiedlichen Aufgaben dieser Phasen werden wie folgend beschrieben verteilt:

Der Konstrukteur ist für die norm- und termingerechte sowie kostengünstige Umsetzung, der durch das Kundenlastenheft definierten Anforderungen, verantwortlich. Er erarbeitet in Form von Machbarkeitsstudien eigenständig Lösungen, erstellt die 3D-CAD Daten und ist für deren Verwaltung im PDM-System zuständig. Weiters sichert er die Konstruktion über den gesamten Verlauf des Projektes ab.

Der Komponentenverantwortliche konzipiert seine Komponente und integriert sie im Gesamtfahrzeug. Er fordert alle dafür notwendigen Informationen bei den Schnittstellenpartnern und Systemlieferanten ein. Termine, Abstimmung der Schnittstellen sowie die Integration unterschiedlicher Geometrien werden durch ihn koordiniert. Seine Aufgabe ist es ebenso den Konstruktionsfortschritt monatlich in einem Status-Meeting (siehe 2.7) an die Projektleitung zu berichten.

Die Projektleitung ist zuständig für die Absicherung des Gesamtprojekts in Bezug auf den terminlichen Ablauf und die Kostenkontrolle. Darüber hinaus ist es ihre Aufgabe die Ressourcen über den gesamten Projektverlauf einzuteilen und den adäquaten Einsatz dieser zu überwachen.

2.8 Status-Meeting

Das Status-Meeting soll der Projektleitung eine Übersicht über den Produktreifegrad⁴ verschaffen. Dabei berichten die Komponentenverantwortlichen über den Fortschritt ihrer Komponenten. Bei Bedarf werden aktuelle Schnittstellenprobleme berichtet und Lösungen ausgearbeitet.

⁴ Produktreifegrad beschreibt das Stadium für den Fortschritt eines Produktes im Produktentstehungsprozess

3 Anforderungen an den Prozess

Ziel des Prozesses ist eine Absicherung der Schnittstellen hinsichtlich Bauteilkollisionen. Dies soll ein elementarer Bestandteil der zukünftigen Engineeringabläufe werden. Eine Hauptanforderung ist eine hohe Verfügbarkeit des Gesamtprozesses über den gesamten Zeitraum der Produktentwicklung.

Anhand eines Reisezugwagenprojektes wurden vorab ca. 2.000 - 4.000 Bauteilkollisionen evaluiert. Hieraus leitet sich eine weitere wesentliche Anforderung ab. Folgeaufwände des kontinuierlichen Prozesses müssen auf ein Mindestmaß reduziert werden. Das heißt, im System bereits vorhandene Bauteilkollisionen müssen bei jedem Folgelauf (Kollisionsprüfung) automatisch erkannt werden und dürfen keine neue Benachrichtigung oder Prüfaufwände für den Anwender erzeugen.

Bauteilkollisionen müssen von ihrem Auftreten bis zu ihrem Beseitigen verfolgbar sein. Der Lifecycle der Kollisionen⁵ soll so visualisiert werden, dass interpretierbare Rückschlüsse auf den Produktreifegrad möglich sind.

Zusätzlich soll eine direkte Kommunikation zwischen den Konstrukteuren fachgruppenübergreifend generiert werden.

Um den Prozess erweitern zu können und auf geänderte Anforderungen (z.B.: Änderung der Metadaten⁶, Versionsupdate des CAD-Systems) reagieren zu können, muss der Prozess adaptierbar sein.

Die verschiedenen Benutzeroberflächen der einzelnen Applikationen müssen intuitiv bedienbar sein.

5 Lifecycle einer Kollision: Der Lebenszyklus einer Bauteilkollision reicht von ihrem ersten Auftreten bis zu ihrer Beseitigung oder Kennzeichnung als beabsichtigte Bauteilkollision

6 Metadaten: Beschreibende Eigenschaften eines Objektes (Daten)

4 Entwurf und Umsetzung

4.1 Entwurf des Prozesses

Die Kollisionsanalyse erfolgt am Digital-Mock-Up⁷ im CAD-System ProEngineer. Die Ergebnisse der Analyse werden dann über die gesamte Projektlaufzeit in einer Datenbank gespeichert und für die weiteren Prozessbausteine aufbereitet. Hierdurch wird sichergestellt, dass nach jedem Kollisionslauf nur relevante Kollisionen an die Anwender verteilt werden. Über eine dynamische Webseite sollen alle Beteiligten Zugang zu den Ergebnissen in der Datenbank haben. Der Einstieg des Anwenders erfolgt personalisiert.

Für den Konstrukteur sowie Komponentenverantwortlichen ist eine 3D-Darstellung der kollidierenden Geometrie vorgesehen. Die Projektleitung bekommt den Verlauf der Kollisionsanzahl komponentenbezogen graphisch dargestellt.

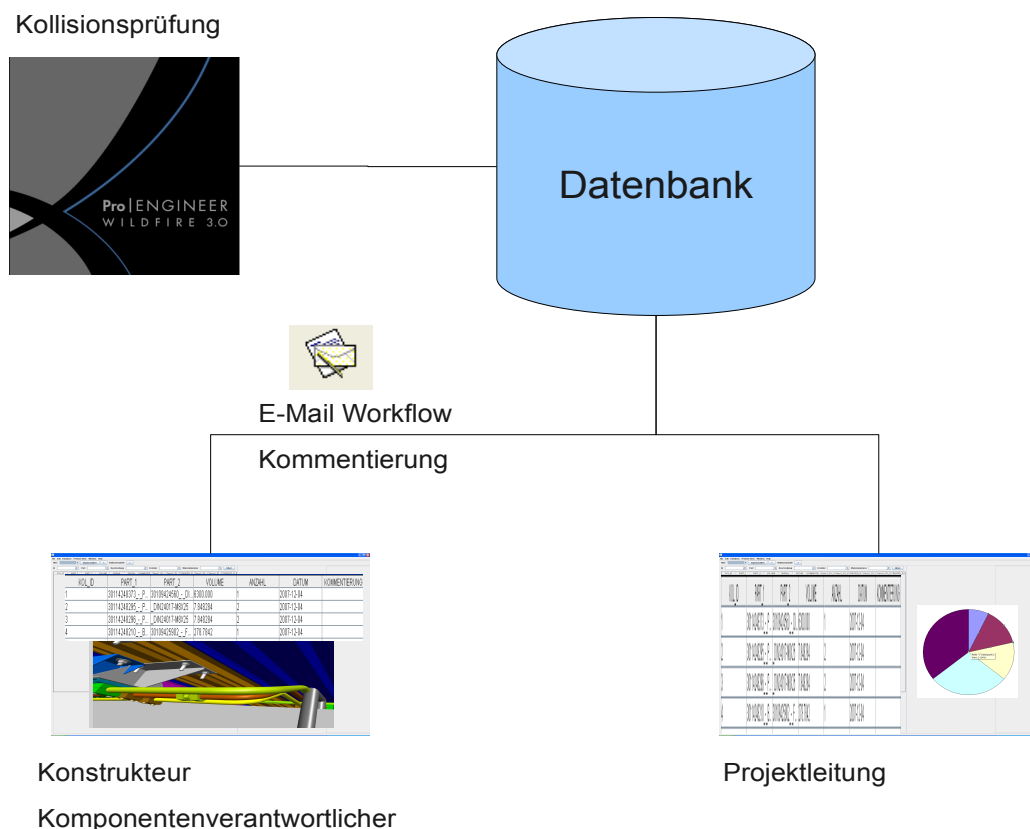


Abbildung 6: Übersicht des Prozessentwurfes

⁷ Digital Mock Up: Virtueller Prototyp, im weiteren abgekürzt durch DMU

4.1.1 Controlling- und Kommunikationskreislauf

Um eine hohe Verfügbarkeit des gesamten Prozesses sicherzustellen, ist es notwendig Regelkreise zu konzipieren, welche in definierten Abständen den Status der Baugruppen hinsichtlich Bauteilkollisionen prüfen und die relevanten Informationen für den Konstruktionsverantwortlichen und die Projektleitung bereitstellen.

Wie in Abbildung 7 beschrieben sind die Regelkreise redundant auszuführen.

Der Konstrukteur wird informiert, wenn eines seiner Bauteile eine Kollision verursacht. Ist die Kollision identifiziert, muss der Konstrukteur mit seinem „Kollisions-Partner“ einen Lösungsvorschlag erarbeiten.

Der Komponentenverantwortliche wird über die Anzahl der Kollisionen in seiner Baugruppe informiert. Er muss die Kollisionen hinsichtlich nicht abgestimmter Schnittstellen analysieren und entsprechende Maßnahmen definieren.

Die Projektleitung wird über den zeitlichen Verlauf der Kollisionen sowie der Anzahl der Kollisionspaarungen nach Grob-Baugruppen informiert. Nach Analyse der Daten müssen in Abstimmung mit dem Konstruktionsverantwortlichen entsprechende Maßnahmen eingeleitet werden.

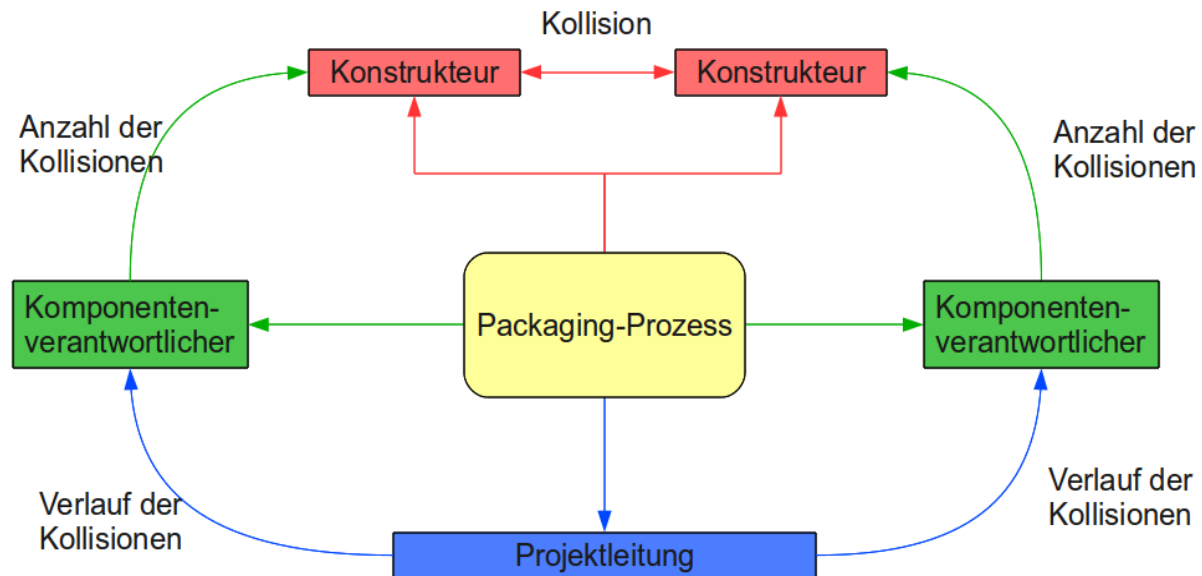


Abbildung 7: Entwurf des Controlling- und Kommunikations-Kreislauf

4.1.2 Lifecycle der Kollisionen

Der Lifecycle der Kollisionen ist vor allem für Rückschlüsse auf den Produktreifegrad von Bedeutung. Anhand des Verlaufes der Anzahl der Kollisionen kann festgestellt werden in welchem Zustand sich eine Komponente befindet (siehe Abbildung 8). Diese Informationen können für die Vorbereitung eines Design Reviews verwendet werden, zum Beispiel um festzustellen ob eine Baugruppe den notwendigen Reifegrad bereits erreicht hat.

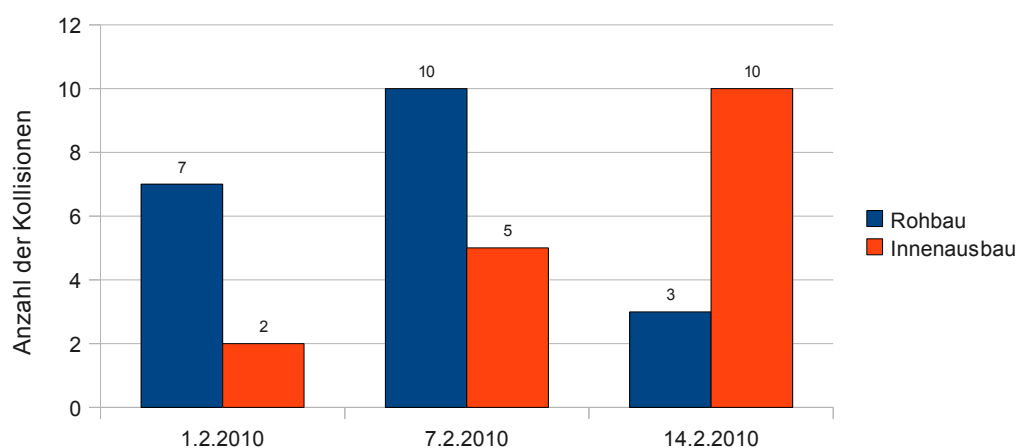


Abbildung 8: Beispielhafter Verlauf der Kollisionen zwischen Rohbau und Innenausbau

4.1.3 Informationsfluss

Durch den Prozess soll die Kommunikation zwischen den Konstrukteuren verbessert werden. Dies wird durch einen vom Prozess unterstützten E-Mail Workflow erreicht. In erster Linie werden die Konstrukteure bei der Kontaktaufnahme mit dem Kollisionspartner unterstützt. Hierbei ist besonders relevant, dass ein direkter Kommunikationsweg zwischen den kollisionsbeteiligten Konstrukteuren ermöglicht wird (siehe Abbildung 9). Gleichzeitig soll die Kommunikation rückverfolgbar sein, um bei Bedarf die Konstruktionsverantwortlichen und die Projektleitung in die Kommunikation der Konstrukteure einbinden zu können.

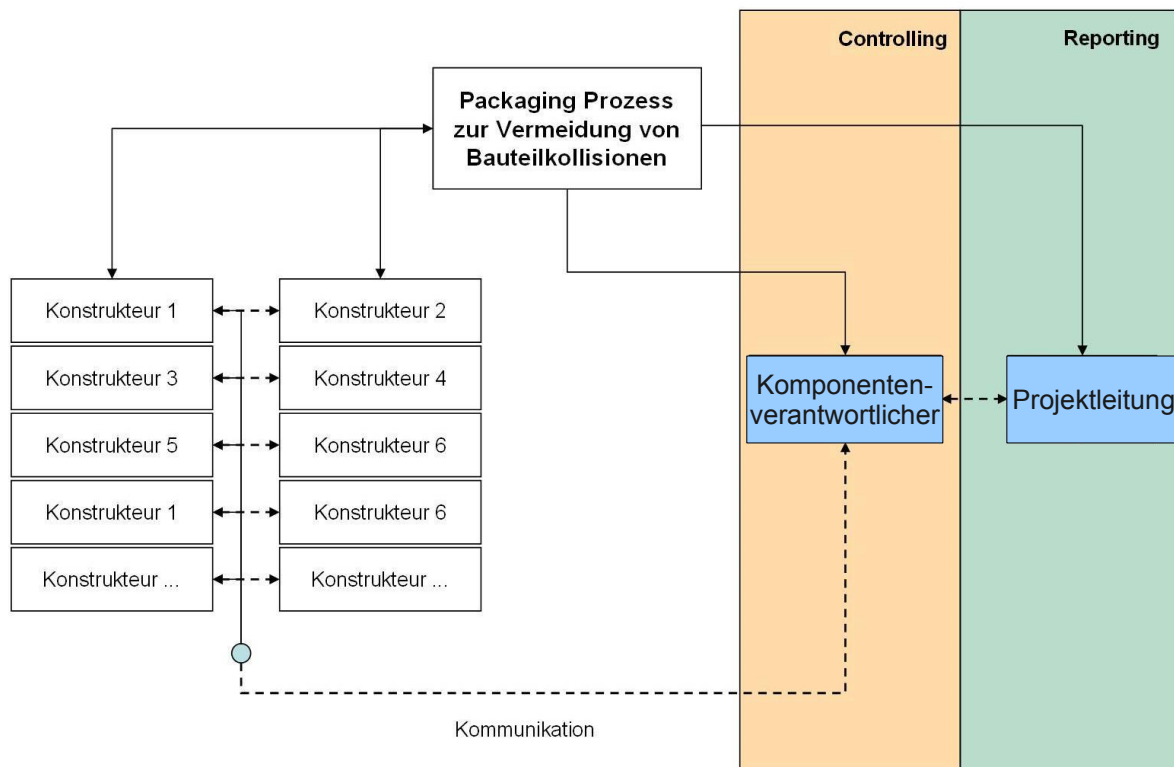


Abbildung 9: Übersicht des Informationsflusses

4.1.4 Skalierbarkeit

Die Übertragbarkeit des Prozesses auf weitere Siemens-Standorte ist während der Gestaltung des Prozesses zu berücksichtigen. Um bei steigender Anzahl der Projekte mehrere Kollisionsprüfungen parallel auszuführen, müssen die Prüfungen auf mehrere Rechner verteilt werden.

Der Standard SQL92⁸ ist Voraussetzung für die Erweiterbarkeit des Datenbankmodells, daher muss die gewählte Datenbank diesem entsprechen.

4.1.5 Aufwärtskompatibilität

Der Prozess wird in eine komplexe vorhandene Softwarelandschaft eingefügt. Hierbei müssen die weit im Voraus geplanten Softwareänderungen (Updates oder Versionsumstiege) berücksichtigt werden. Die zum Einsatz kommenden CAD- und PDM-Systeme unterliegen den konzernübergreifenden Softwarewartungsvorschriften, welche sicherstellen, dass Änderungen im ausreichendem Umfang hinsichtlich Integration in die bestehenden Prozesse geprüft werden.

Als Programmierplattform wurde Java gewählt, da die Verwendung einer Laufzeitumgebung⁹ eine hohe Kompatibilität aufweist.

⁸ SQL92: Genormte Datenbank Kommunikation-Script-Sprache nach ISO/IEC 9075

⁹ Die Laufzeitumgebung gilt als Bindeglied zwischen Applikation und Betriebssystem. Sämtliche Kommunikation mit dem Betriebssystem wird durch die Laufzeitumgebung ausgeführt und in einen Kommunikationsstandard übersetzt, der durch die Applikation genutzt wird.

4.2 Umsetzung des Prozesses

Im ersten Entwicklungsschritt wurde der prinzipielle Aufbau der Datenbank in projektabhängige und projektübergreifende Tabellen festgelegt. Für das Auffinden der Bauteilkollisionen wurde das CAD-System ProEngineer gewählt, da alle relevanten 3D-Daten in diesem System erstellt werden und die erforderliche Programmierschnittstelle zum automatischen auffinden der Bauteilkollisionen bereits vorhanden ist. Um einen aufwendigen Installationsprozess zu vermeiden werden die Anwendersichten in einem Web-Portal zur Verfügung gestellt, dass einen zentralen Zugriff auf einen Server ermöglicht und die Software automatisch startet.

Es wurden drei Anwendersichten konzipiert.

Die Sicht des Konstrukteurs ermöglicht, beabsichtigte von unbeabsichtigten Bauteilkollisionen mittels Visualisierung der Bauteile in Einbaulage zu unterscheiden. Beabsichtigte Bauteilkollisionen sind solche Kollisionen, die entweder auf die Eigenheiten des CAD-System zurückzuführen sind (z.B. Gewinde), oder durch vereinfachte Modelle (z.B. Isolierung) verursacht werden. Die Kontaktaufnahme mit dem jeweiligen schnittstellenbeitragenden Konstrukteur wird durch einen E-Mail Workflow unterstützt.

Die Sicht des Konstruktionsverantwortlichen bietet eine komponentenbezogene Darstellung der Bauteilkollisionen, die es ihm ermöglicht unbearbeitete Bauteilkollisionen zu identifizieren. Weiters besteht die Möglichkeit innerhalb dieser Sicht Bauteilkollisionen nach bearbeitenden Konstrukteuren darzustellen.

Die Sicht der Projektleitung soll über den Verlauf der Bauteilkollision Rückschlüsse auf den Produktreifegrad ermöglichen. Um kritische Baugruppen einzeln zu verfolgen, müssen die Verläufe der Anzahl der Bauteilkollisionen nach Komponenten getrennt angezeigt werden können. Im Gegensatz zu den Sichten des Konstrukteurs und des Komponentenverantwortlichen, welche eine wagenselektive Auswahl der Bauteilkollisionen benötigen, werden bei der Sicht der Projektleitung die Bauteilkollisionen wagenübergreifend dargestellt.

4 Entwurf und Umsetzung

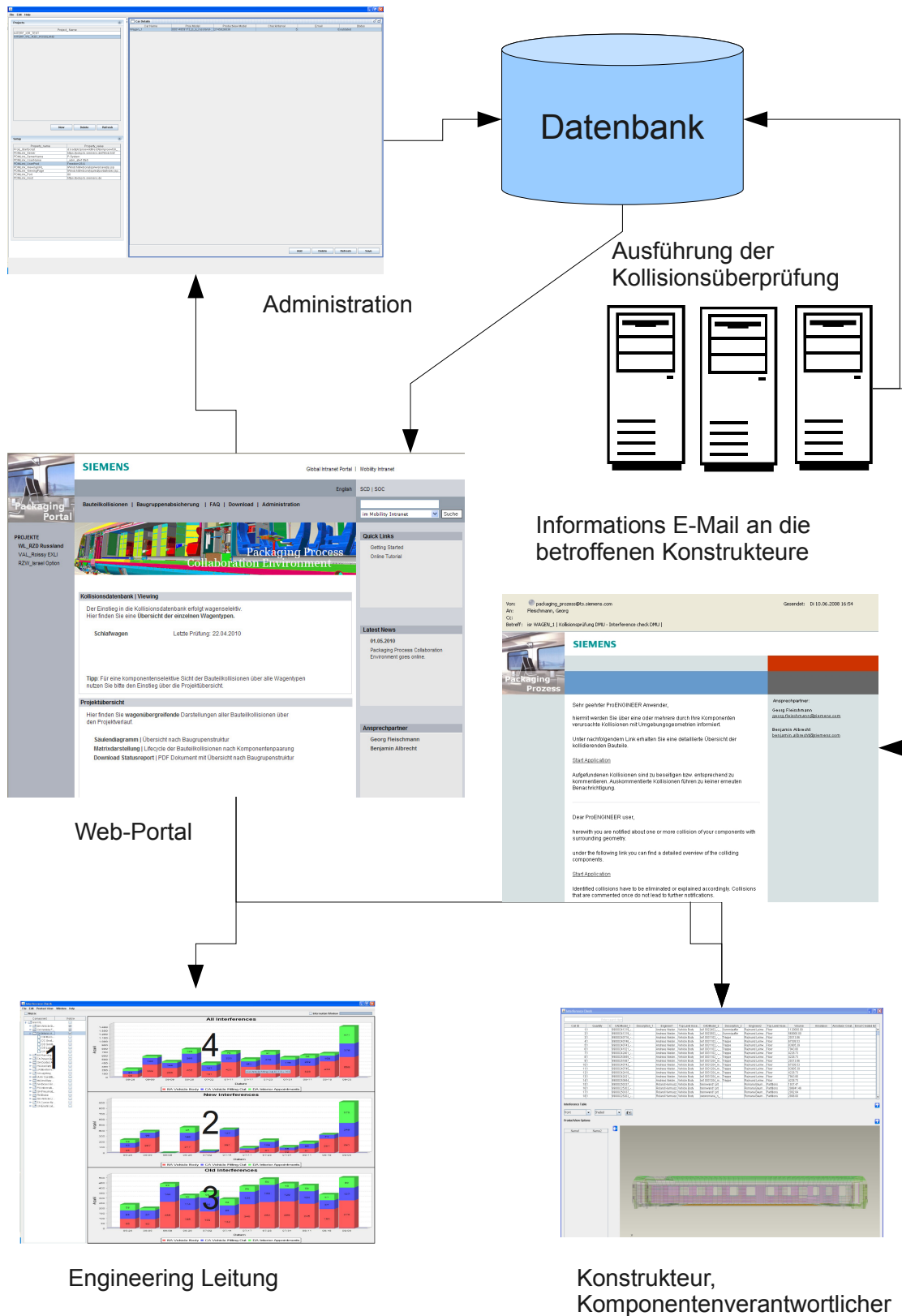


Abbildung 10: Der Gesamtprozess

4 Entwurf und Umsetzung

4.2.1 Administration

Die zentrale Administration des Prozesses wird über eine separate Anwendung realisiert. Um sicherzustellen, dass nur berechtigte Personen die Parameter ändern, werden die Administratoren anhand ihres Anmeldenamens identifiziert.

Nach erfolgreicher Authentifizierung werden die prozess- und wagen- bzw. projektspezifischen Parameter in je einer Tabelle angezeigt und können dort geändert werden. Die Anlage neuer Projekte bzw. neuer Wagentypen erfolgt ebenfalls über diese Anwendung.

Ist eine Bauteilkollisionsprüfung nicht mehr notwendig, gilt das Projekt als abgeschlossen und wird durch entsprechende Kennzeichnung für die Anwender nicht mehr sichtbar.

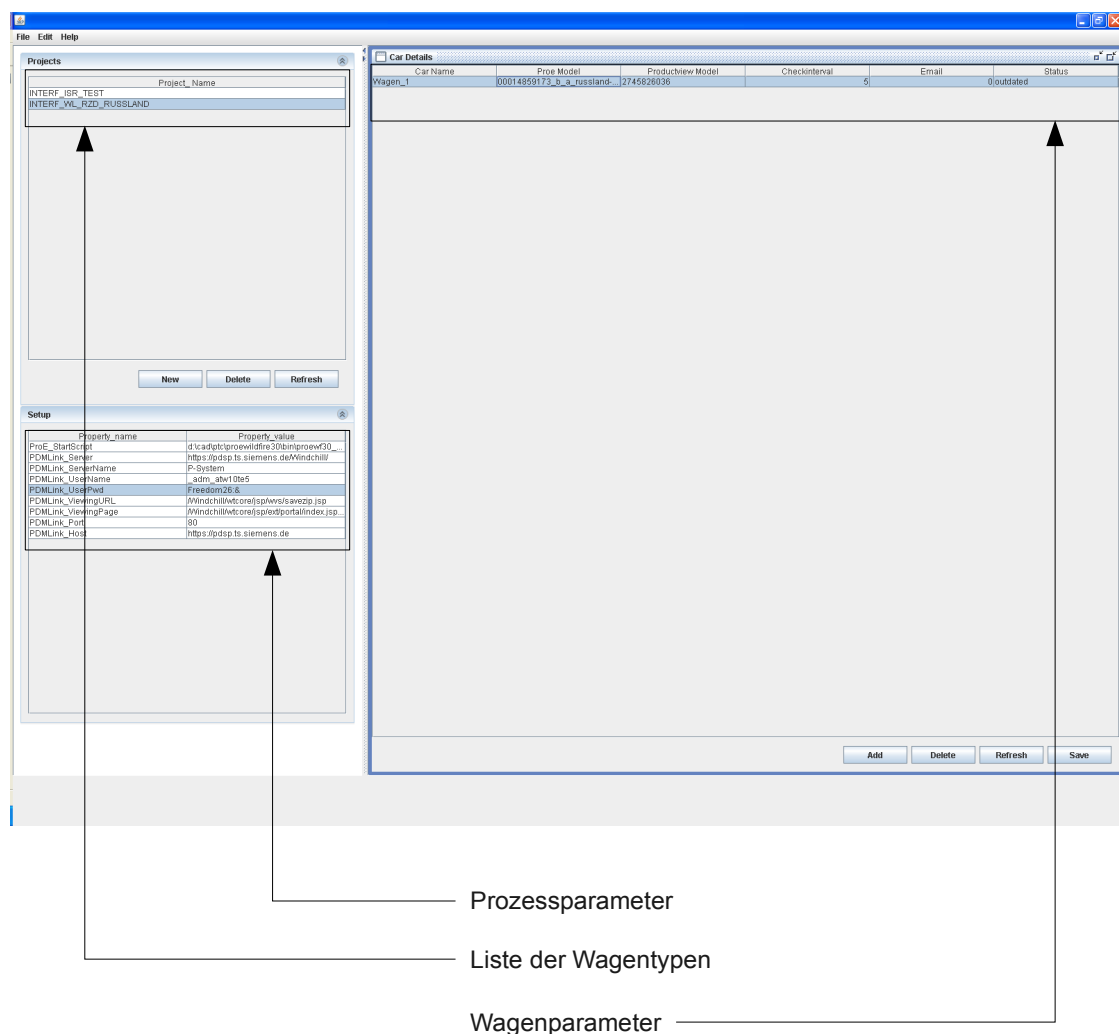


Abbildung 11: Administrationsoberfläche

4.2.2 Packaging-Process Collaboration Environment (PPCE)

Das Packaging Process Collaboration Portal (siehe Abbildung 12) ist für die Anwender der zentrale Baustein des Prozesses. An dieser Stelle werden alle prozessrelevanten Informationen veröffentlicht. Es bietet den verschiedenen Anwendern die Möglichkeit, direkt in die personalisierten Sichten zu gelangen, vorkonfigurierte Statusreports downzuloaden oder Verläufe zu betrachten. Weiterhin stehen dem Anwender ein Quick Start Guide¹⁰ in Form eines PDF's und die Kontaktinformationen der Ansprechpartner zu Verfügung.

Um bei einer ständig wachsenden Anzahl von Projekten eine zeitintensive manuelle Wartung zu vermeiden, wird das PPCE als dynamisches Web-Portal ausgeführt (siehe Abbildung 12). Die dynamischen Elemente, wie zum Beispiel die Liste der einzelnen Projekte, werden direkt aus der Datenbank gespeist. Wird ein Projekt selektiert, werden die entsprechenden Wagentypen und die damit verbundenen Links zu Verläufen und Statusberichten bereitgestellt.

Die graphische Gestaltung des Portals orientiert sich am Siemens CI¹¹ und folgt den damit einhergehenden ergonomischen Anforderungen.

¹⁰ Quick Start Guide: Ist eine kurze einfach gehaltene Hilfestellung, um den Anwender die grundlegenden Funktionen zu erläutern

¹¹ Die CI ist die Persönlichkeit einer Organisation, die als einheitlicher Akteur handelt und wahrgenommen wird.

4 Entwurf und Umsetzung

The screenshot displays the Siemens Packaging Process Collaboration Environment (PPCE) web portal. The interface includes a top navigation bar with the Siemens logo, language options (English), and user roles (SCD | SOC). A secondary navigation bar contains links for Bauteilkollisionen, Baugruppenabsicherung, FAQ, Download, and Administration. A search bar is located on the right side of the top bar.

The main content area is divided into several sections:

- PROJEKTE**: A list of projects including WL_RZD Russland, VAL_Roissy EXLI, and RZW_Israel Option.
- Kollisionsdatenbank | Viewing**: A section for viewing collision data, featuring a table with columns for component type (e.g., Schlafwagen) and last check date (e.g., 22.04.2010). It includes a tip for component-selective viewing.
- Projektübersicht**: A section for project overview, providing links to Säulendiagramm, Matrixdarstellung, and Download Statusreport.
- Quick Links**: A section with links for Getting Started and Online Tutorial.
- Latest News**: A section with a news item dated 01.05.2010 about the PPCE going online.
- Ansprechpartner**: A section listing contact persons Georg Fleischmann and Benjamin Albrecht.

Annotations with arrows point to specific elements:

- Einstieg in PPCE Viewing als Komponentenverantwortlicher (points to the 'Kollisionsdatenbank | Viewing' section)
- PPCE Controlling Matrix (points to the 'Matrixdarstellung' link)
- Download-Links der Berichte (points to the 'Download Statusreport' link)
- Erweiterbare Navigationsleiste (points to the top navigation bar)
- Link zur E-Mail an die benannten Ansprechpartner (points to the 'Ansprechpartner' section)
- Zusätzliche Informationen (points to the 'Quick Links' section)
- Anleitungen und Beispiele (points to the 'Getting Started' link)
- Liste der Projekte (points to the 'PROJEKTE' section)

At the bottom of the page, there is a footer with copyright information (© Siemens AG 2010) and a last update/review date (01.05.2010).

Abbildung 12: Packaging Process Collaboration Environment

4.2.3 Kollisionsprüfung

Der Teilprozess (siehe Abbildung 13) dient dem Auffinden von Bauteilkollisionen und deren Aufbereitung für die Kollisionsdatenbank. Der sich wöchentlich wiederholende Teilprozess wurde so konzipiert, dass er auf mehrere CAD-Arbeitsstationen verteilt werden kann, um bei einer steigenden Anzahl an Projekten eine einzelne Arbeitsstation nicht zu überlasten.

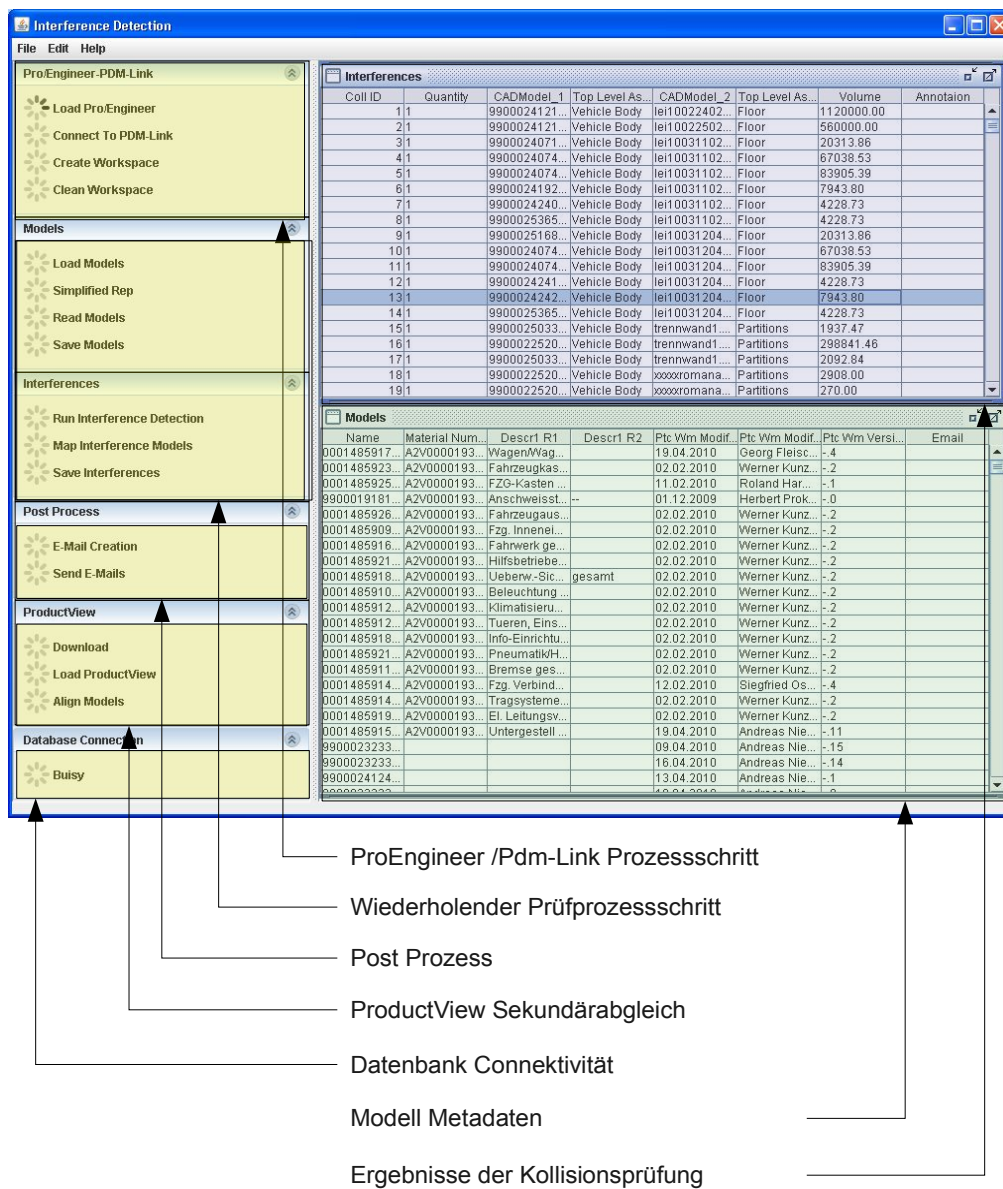


Abbildung 13: Prüfoberfläche

4.2.3.1 PDM-Link/CAD-System

Als erster Schritt wird das CAD-System ProEngineer mittels Programmierschnittstelle aufgerufen und mit PDM-Link verbunden. Die für die Verbindung notwendige Authentifizierungsparameter wie User Name und Passwort sind in der *Setup* Tabelle hinterlegt. Nach dem Herstellen der Verbindung wird ein neuer PDM-Link Workspace¹² angelegt und die Struktur des Gesamtmodell mittels Vereinfachter Darstellung geladen. Ist sie geladen, wird die gesamte Struktur nach Grob-Baugruppen durchsucht, die anhand des ProEngineer Parameters *Material_Type* identifiziert werden können. Sind alle Grob-Baugruppen in der Struktur lokalisiert worden, werden diese zu Baugruppenpaarungen zusammengefasst. Eine Grob-Baugruppenpaarung wäre zum Beispiel wie in Abbildung 15 auf Seite 31 dargestellt, der Fußboden (grün) und die Heizung (rot).

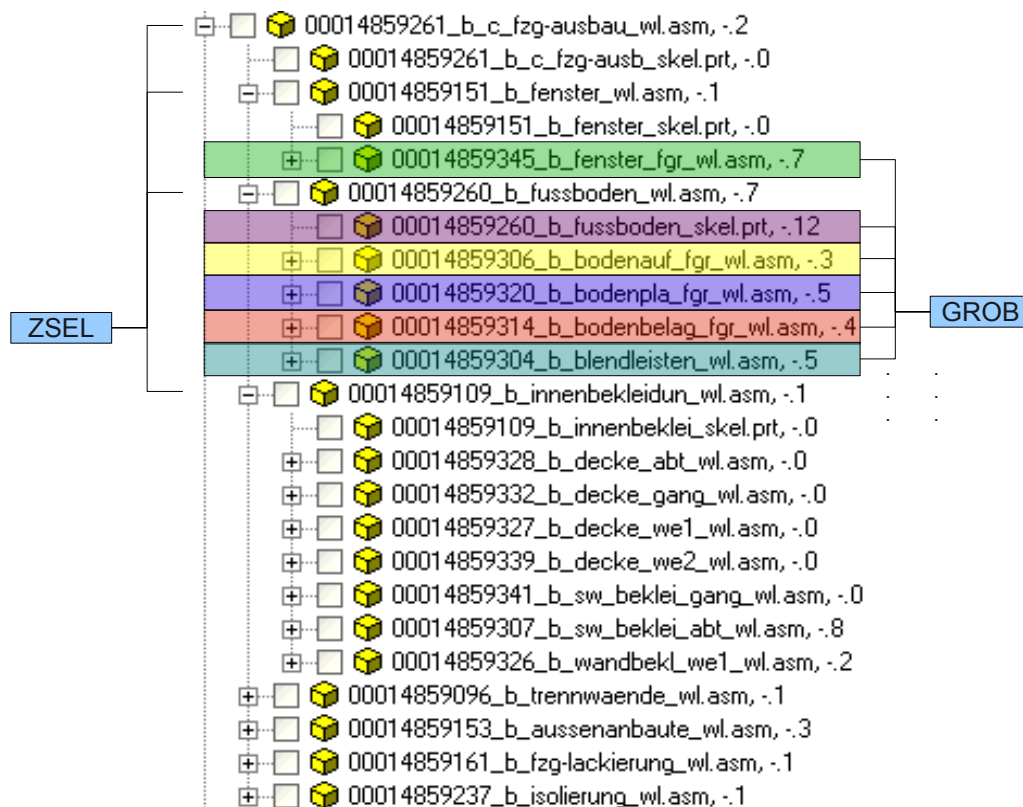


Abbildung 14: Strukturbaum

Abbildung 14 zeigt einen Auszug der zu prüfenden Grob-Baugruppenpaarungen. Es wird die grün markierte Baugruppe mit den farblich markierten Baugruppen einzeln auf Kolli-

¹² PDM-Link Workspace: Ist ein mit dem PDM-Link verbundenes lokales Arbeitsverzeichnis für CAD-Objekte

sionen geprüft. Im Anschluss wird die blau markierte Baugruppe mit den verbleibenden Baugruppen geprüft. Dieser Prozess wird solange fortgesetzt bis alle relevanten Grob-Baugruppenpaarungen geprüft sind.

4.2.3.2 Bauteilkollisionsprüfung

Im nächsten Schritt wird die Baugruppenpaarung in der eingangs erzeugten vereinfachten Darstellung geladen. Während des Ladens in ProEngineer, werden die für die Darstellung notwendigen Modelle kontinuierlich in den PDM-Link Workspace nachgeladen. Sind alle Modelle in ProEngineer geladen wird anhand der Bounding-Boxen¹³ geprüft, ob die Baugruppen Bauraumüberschneidungen aufweisen. Auf diesem Weg werden nur relevante Grob-Baugruppenpaarungen auf Kollisionen untersucht (die Klimaanlage im Dach muss nicht mit dem Fahrwerk im Untergestell geprüft werden). Ist eine Bauraumüberschneidung vorhanden werden die Modell-Metadaten eingelesen. Vor der eigentliche Kollisionsprüfung werden noch die Metadaten für die Tabelle *Models* (siehe 4.2.5.2 , S37) eingelesen, anhand der aktuellen Iterations-Schritte auf Aktualität geprüft und bei Bedarf in der Datenbank gespeichert. Ist der Speichervorgang abgeschlossen, wird die Kollisionskontrolle zwischen den zwei Grob-Baugruppen begonnen. Es werden nur Kollisionen geprüft, die zwischen den Grob-Baugruppen bestehen. Alle baugruppeninternen Kollisionen werden nicht geprüft. Durch diese Methodik werden nur schnittstellenrelevante Kollisionen zwischen Arbeitspaketen ermittelt.

Ist im CAD die Prüfung abgeschlossen, werden die Kollisionspaarungen (Namen und Kollisionsvolumen) in der Datenbank gespeichert. Der Prüfprozess wird für jede mögliche Grob-Baugruppen Paarung (siehe Abbildung 14) wiederholt.

¹³ Bounding-Box: Ist der kleinste Quader der die Geometrie eines Teiles oder einer Baugruppe vollständig umschließt

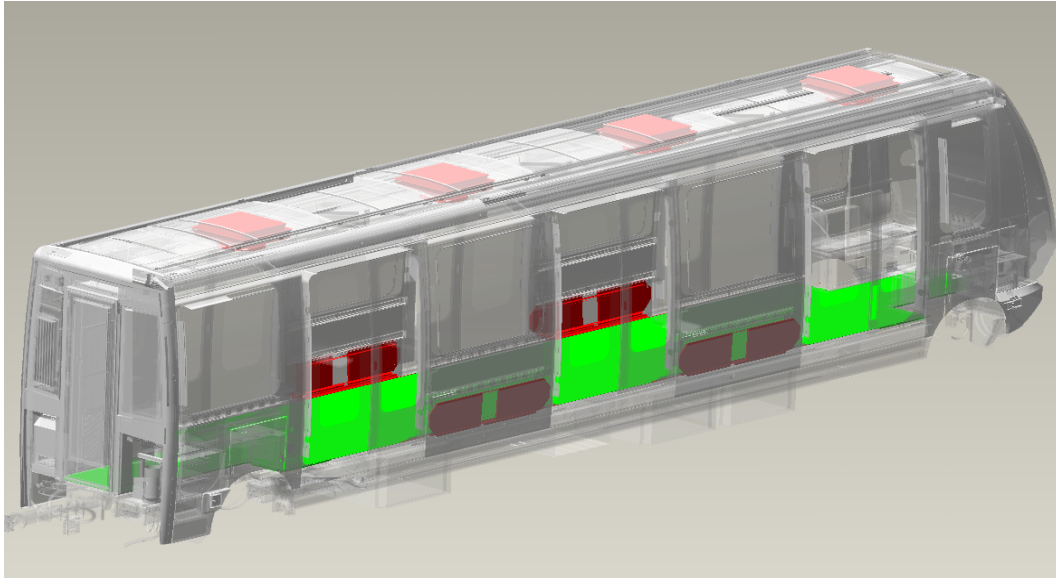


Abbildung 15: Beispiel Grob-Baugruppenpaarung

Vor dem Start des Prüfprozesses werden die Kollisionsdaten auf Aktualität geprüft. Wie in Abbildung 16 gezeigt, wird dabei der Parameter *Date* aus der Tabelle *RunDate* mit dem aktuellen Datum verglichen und geprüft, ob der Prüfungszeitraum, der im Parameter *Run-Interval* aus der Tabelle *CarSystem* gespeicherten Tagen, überschritten wurde. Sind die Daten noch aktuell, wird der nächste Wagen bzw. das nächste Projekt geprüft.

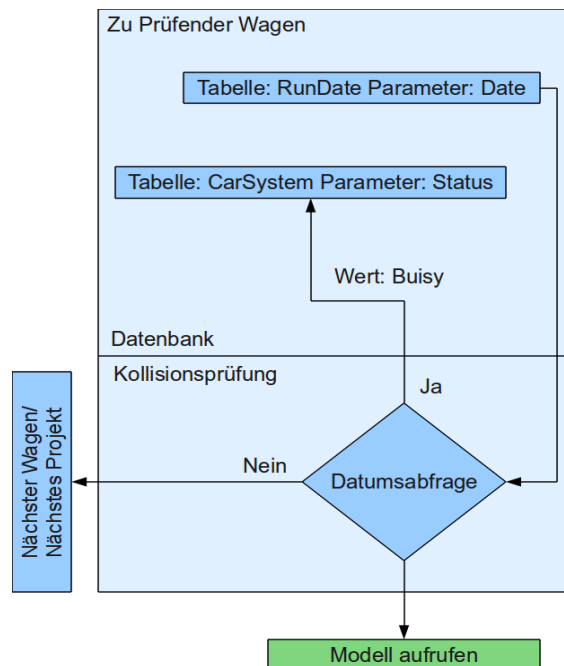


Abbildung 16: Prozessbaustein – Zu prüfender Wagen

4.2.3.3 Ergebnisse in Datenbank speichern

Im Anschluss an jede Grob-Baugruppenprüfung wird in einem Datenbankabgleich mittels Metadaten geprüft, ob die Modelle bzw. Kollisionen bereits vorhanden sind. Die Modellmetadaten werden mittels der PDM-Link Iterationen (Version) abgeglichen und bei Bedarf die aktuelle Version in die Tabelle *Models* übermittelt (siehe Abbildung 17).

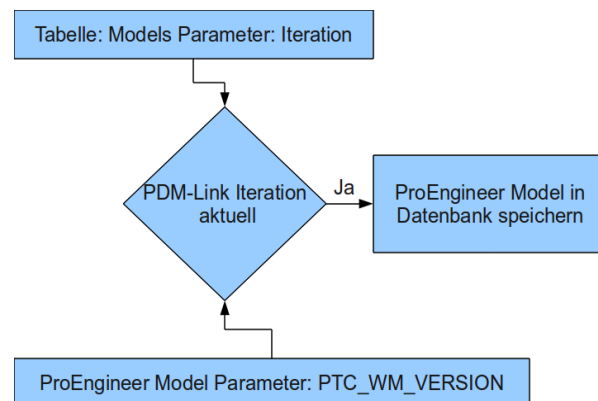


Abbildung 17: Aktualität der Modelle prüfen

Sind die aktuellen Modell-Metadaten in der Datenbank vorhanden, werden jene Kollisionen anhand der Modellnamen sowie des Kollisionsvolumen identifiziert (siehe Abbildung 18) und die Kollisions-ID in den Datensatz kopiert. Ist die Kollision nicht im System vorhanden, wird ihr eine neue Kollisions-ID zugewiesen.

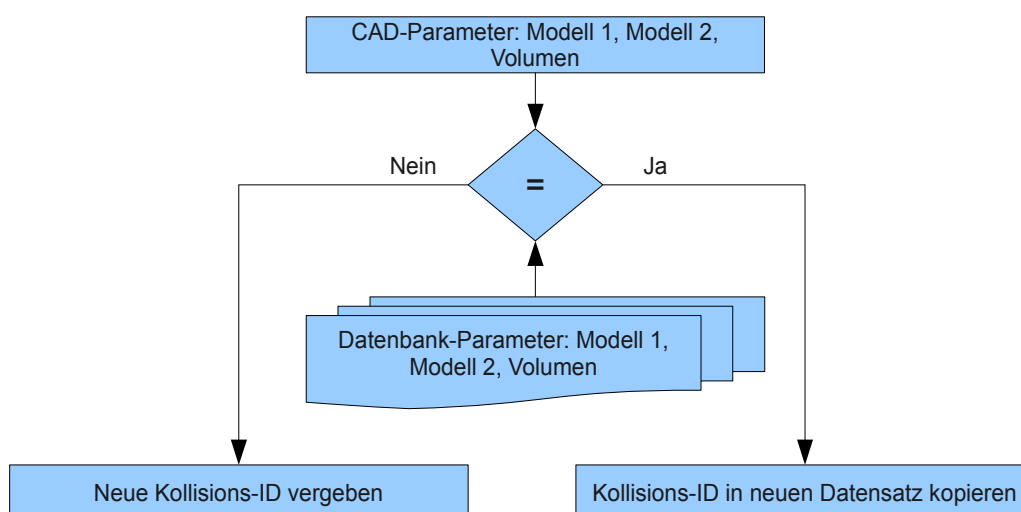


Abbildung 18: Kollisions-ID prüfen

4 Entwurf und Umsetzung

Bei Datensätzen, die bereits einen identischen Vorgänger besitzen (Kollisionen mit gleicher Kollisions-ID), wird zusätzlich geprüft, ob eine Kommentierung am vorhandenen Datensatz vorgenommen wurde. Trifft dies zu wird die Kommentierung ebenfalls in den neuen Datensatz übernommen. (siehe Abbildung 19).

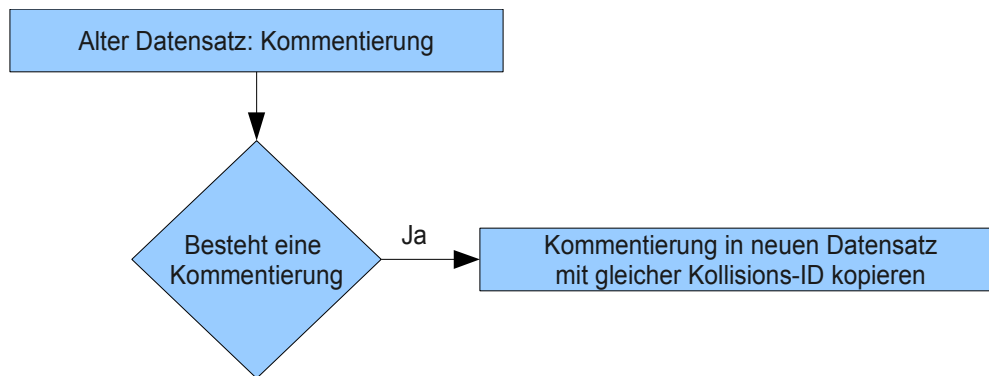


Abbildung 19: Kommentierung prüfen

4.2.4 Postprozess

Sind alle Grob-Baugruppen auf Bauteilkollisionen geprüft und in der Datenbank vorhanden, wird geprüft ob die Einstellungen in der Tabelle *CarSystem* (siehe 4.2.5.2 , S36), die Versendung von Informations E-Mails (siehe Abbildung 20) erfordert. Ist dies der Fall, werden die Datensätze der letzten Prüfung hinsichtlich beteiligter Konstrukteure begutachtet. Jeder dieser Konstrukteure erhält eine Informations-E-Mail, mit der Aufforderung die Kollisionen zu prüfen und weitere Schritte einzuleiten (siehe Abbildung 20). In dieser E-Mail befindet sich ein personalisierter Link in die Konstrukteurssicht.

Parallel zum E-Mailversand werden die Modell-Metadaten mittels ProductView-Daten vervollständigt. Hierbei wird über den ProEngineer Modellnamen die entsprechende ProductView Instanz identifiziert. Dadurch können zusätzliche Metadaten, die im ProEngineer Modell nicht vorhanden sind (E-Mail des Erstellers), in die Tabelle *Models* übertragen werden.

4 Entwurf und Umsetzung

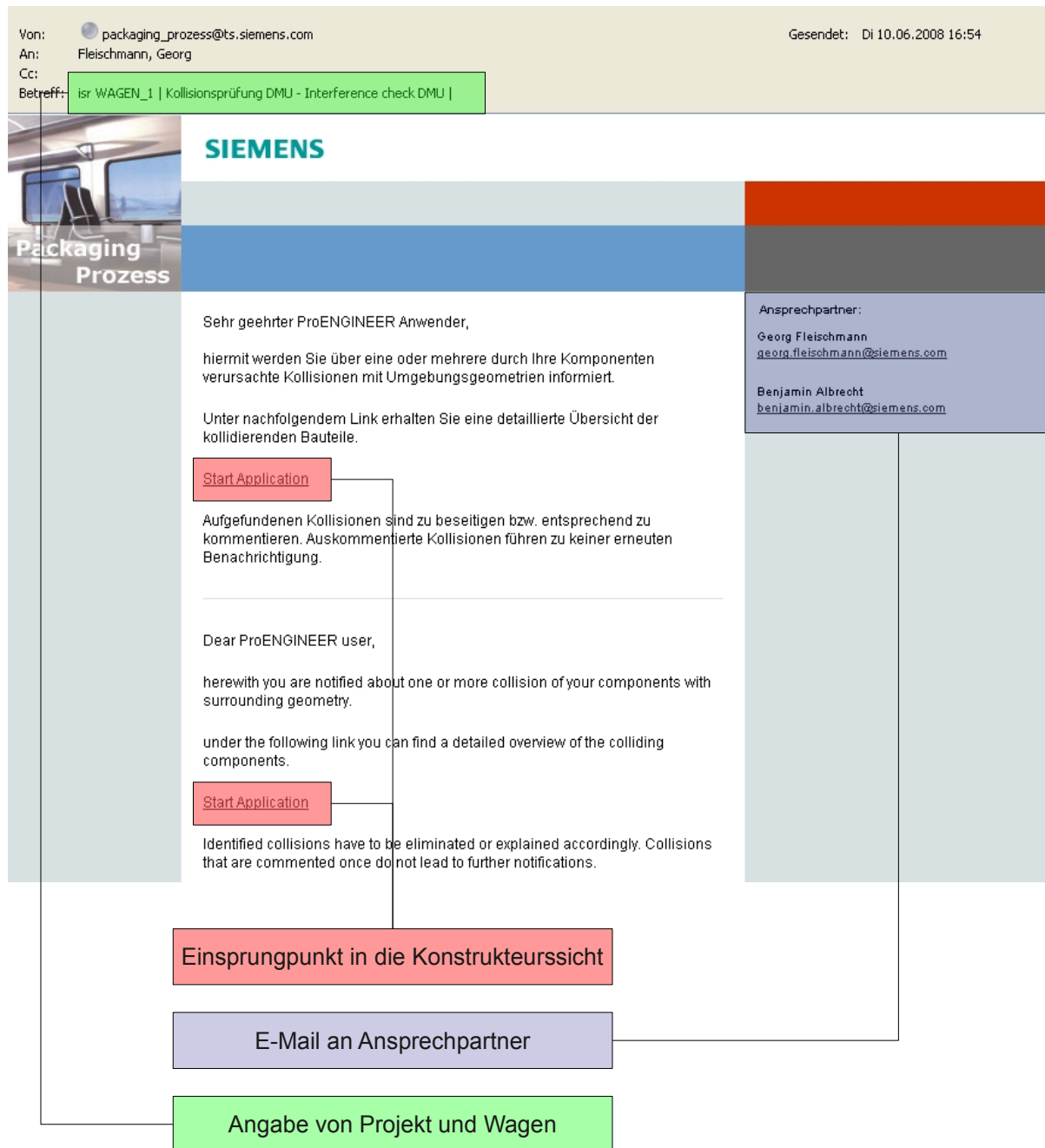


Abbildung 20: Informations-E-Mail

4.2.5 Kollisionsdatenbank

Die Kollisionsdatenbank (siehe Abbildung 10, S24) ist für den Prozess der zentrale Baustein, da hier alle relevanten Daten über den gesamten Produktentwicklungszeitraum gespeichert sind.

4 Entwurf und Umsetzung

Die zu Beginn gewählte Access Datenbank erfüllte die eingangs erwähnten Anforderungen hinsichtlich Skalierbarkeit nicht und wurde durch die Datenbank Derby der Apache Software Foundation ersetzt.

Der Aufbau der Datenbank ist in zwei zentrale Bereiche getrennt, zum einen in statische projektunabhängige Tabellen, welche projektübergreifende Daten enthalten und zum anderen die dynamischen Projekt-Tabellen, welche projektspezifische Daten enthalten. Die Tabellen werden innerhalb der Derby-Datenbank in Schemen¹⁴ organisiert.

4.2.5.1 Schema für projektunabhängige Tabellen

Diese Tabellen werden für Daten benötigt die nicht projektspezifisch sind.

Users: In dieser Tabelle werden die E-Mail Adressen mit den dazugehörigen User-Namen gespeichert.

- UserName (Typ: Varchar,¹⁵ Länge:80): Dieser Parameter beinhaltet den Windows-User Namen, mit dem man sich bei den jeweiligen Sichten anmelden muss.
- UserEMail (Typ: Varchar, Länge:80): Die E-Mail-Adresse des Anwenders muss hier abgelegt werden. Dies erfolgt beim ersten Anmeldevorgang an eine der Sichten.

Setup: Die Tabelle Setup beinhaltet systemweite Einstellungen sowie alle erforderlichen HTML-Fragmente für die Erstellung der E-Mail Workflows.

- Parameter (Typ: Varchar, Länge:80): Dies ist ein eindeutiger Wert für den Namen der Option.
- Value (Typ: Varchar, Länge:1500): Der Optionswert wird in diesem Parameter gespeichert. Die Länge der Spalte kann bei Bedarf angepasst werden.

¹⁴ Ein Schema dient der logischen Strukturierung von Tabellen

¹⁵ Ein Varchar ist eine Zeichenkette mit einer in einer Datenbank-Tabelle vorbestimmten Größe (Size)(Derby, 2010) S193

4.2.5.2 Projekt-abhängige Tabellen

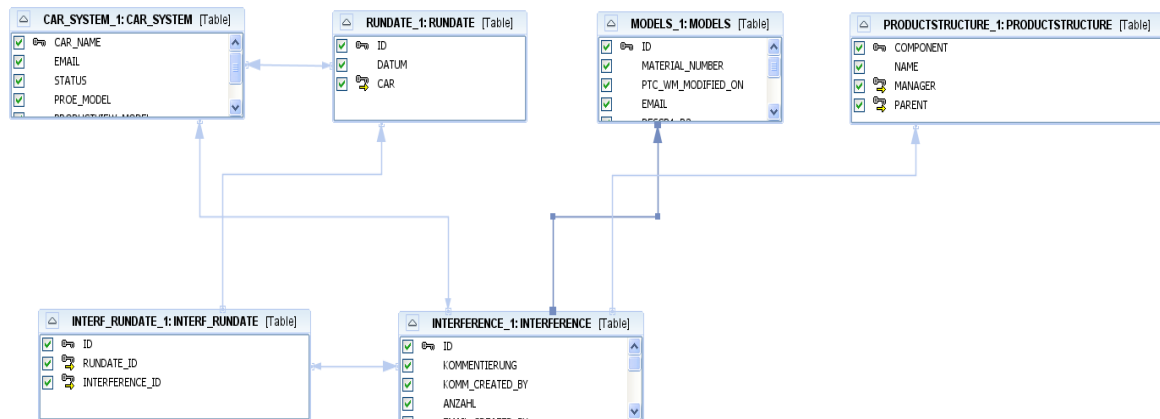


Abbildung 21: Übersicht Tabellen

CarSystem: Die Tabelle CarSystem speichert die zu prüfenden Wagentypen mit den dafür benötigten Parametern.

- CarName (Typ: Varchar, Länge:80): In dieser Spalte wird der eindeutige Name der Wagentype gespeichert.
- ProeModel (Typ: Varchar, Länge:80): Diese Spalte beinhaltet die Namen der ProEngineer Gesamtmodelle. Um einzelne Unterbaugruppen auch auf Kollisionen untersuchen zu können, kann dieser Parameter mehrere Werte enthalten, welche durch Semikolon getrennt werden.
- ProductViewModel (Typ: Varchar, Länge:80): Der Parameter enthält die PDM-Link Object-ID¹⁶ des Viewing-Files des Gesamtmodells.
- RunInterval (Typ: Integer): Dieser Integer¹⁷ Wert gibt den minimalen Abstand zwischen zwei Kollisionsläufen in Tagen an.
- EMail (Typ: Varchar, Länge:80): Ist dieser Wert ungleich null, werden die Benachrichtigungs-E-Mails an die kollisionsverursachenden Konstrukteure verschickt.

¹⁶ Ist eine eindeutige ID vorhanden, anhand welcher der ProductView Strukturfile im PDM-Link identifiziert werden kann

¹⁷ Ist eine natürliche Zahl zwischen -2147483648 und 2147483647, die u.a. auch für Boolesche Zustände (z.B.:Falsch=0, Wahr >=1) benutzt wird (Derby, 2010) S189

4 Entwurf und Umsetzung

- Status (Typ: Varchar, Länge:80): Dieser Parameter bestimmt den aktuellen Status der Kollisionsprüfung. Folgende Werte sind möglich: New, Finished, Busy, Closed.
 - New: Steht der Status auf „New“, wurde der Wagen neu angelegt und es hat noch keine Kollisionsprüfung stattgefunden.
 - Busy: Dieser Wert zeigt an, dass eine Kollisionsprüfung momentan ausgeführt wird.
 - Finished: Die Kollisionsprüfung wurde ohne Fehler abgeschlossen.
 - Closed: Hat der Status den Wert „Closed“, wird keine neue Kollisionsprüfung mehr gestartet. Stehen alle Wägen des Projekts auf „Closed“, wird das Projekt aus der Anzeigeliste genommen und gilt als abgeschlossen.

LastRun: Die Tabelle LastRun gibt das Datum an, wann die letzte Kollisionsprüfung stattgefunden hat. Dieser Parameter wird für die Berechnung der Aktualität der Kollisionsprüfungen herangezogen.

- Datum (Type Date): Dieser Parameter zeichnet das Datum der jeweiligen Kollisionsüberprüfungsläufe auf.

Models: Die Tabelle Models speichert die ProEngineer Modellmetadaten. Diese Tabelle kann beliebig erweitert werden. Die derzeitigen Parameter sind Pflichtfelder, da sie während des Prozesses genutzt werden. Jedes Modell und jede PDMLink Iteration erhält einen eigenen Eintrag in die Tabelle, um Änderungen des Bearbeiters nachzuverfolgen.

- Name (Type: Varchar, Size:80): Dieser Wert speichert den eindeutigen Namen des Modells und wird für die eindeutige Zuordnung im ProductView Modell verwendet.
- ModifiedBy (Type: Varchar, Size:80): Der Parameter enthält die E-Mail Adresse des Konstrukteurs, der die letzte Änderung durchgeführt hat. Diese erleichtert die Kontaktaufnahme zwischen den Konstrukteuren, bzw. wird für die automatische Benachrichtigung herangezogen.

4 Entwurf und Umsetzung

- Location (Type: Varchar, Size:180): Die Location gibt den Namen des PDM-Link Ordners an, in dem das ProEngineer Modell gespeichert wurde. Über die Location kann die zugehörige Grob-Baugruppe das Modell ermittelt werden.
- Iteration (Type: Varchar, Size:80): Die Zelle enthält die letzte PDM-Link Iteration¹⁸ des zu Kollisionsprüfung letztgültigen Modells.
- Diverse: Es können noch beliebige Parameter ergänzt werden.

Interference: Die Tabelle Interference speichert die Kollisionen eines Wagens mit der dazugehörigen Kommunikation zwischen den Konstrukteuren über den gesamten Projektverlauf. Um nicht relevante Kollisionen filtern zu können, muss der Konstrukteur die Kollisionen entsprechend kommentieren.

- Part1/2(Type: Varchar, Size:80): In diesen beiden Spalten (Part1 und Part2) werden die Modellnamen der beiden kollidierenden Bauteile gespeichert. Über den Modellnamen können die restlichen Metadaten der Modelle abgefragt werden.
- Component1/2 (Type: Varchar, Size:80): Der Wert Component speichert den Namen der Grob-Baugruppe.
- Volumen (Type: Varchar, Size:80): Anhand des Kollisionsvolumen werden gleiche Kollisionen an unterschiedlichen Stellen im Wagen erkannt und zusammengefasst.
- Anzahl (Type: Varchar, Size:80): Anzahl der gleichen Kollisionen pro Lauf und Wagen.
- Kommentierung (Type: Varchar, Size:80): Hier wird die Kommentierung des Anwenders gespeichert.
- KommCreatedBy (Type: Varchar, Size:80): Ist eine Bauteilkollision kommentiert, wird die E-Mail-Adresse des Bearbeiters in diesem Parameter gespeichert.
- EmailCreatedBy (Type: Varchar, Size:80): Wird ein E-Mail Workflow durch einen Anwender verschickt, wird hier die E-Mail-Adresse des Senders gespeichert.

¹⁸ Jede

4.2.6 Login

Um gemäß Siemens-Standard die Daten gegen unberechtigten Zugriff zu schützen, muss ein Login in die Sichten erfolgen. Um Administrationsaufwand zu reduzieren, wird beim Login die Siemens-Standard User-Passwort Kombination verwendet.

Beim erfolgreichen Login wird geprüft, ob eine dem User-Namen zugehörige E-Mail Adresse existiert, ist dies nicht der Fall, wird die Adresse des Anwenders abgefragt und als Parameter in die Tabelle *Users* übertragen.

4.2.7 PPCE Viewing

In diese Sicht steigt der Konstrukteur und der Konstruktionsverantwortliche personalisiert ein. Meldet sich der Komponentenverantwortliche über die PPCE an, werden die Bauteilkollisionen komponentenbezogen dargestellt. Nach der Anmeldung wird das aktuelle ProductView-Gesamtmodell des entsprechenden Wagentyps im Hintergrund geladen.

Die Sicht dient der graphischen Analyse der aktuellen Bauteilkollisionen und wird (siehe Abbildung 22) in fünf Bereiche unterteilt.

4 Entwurf und Umsetzung

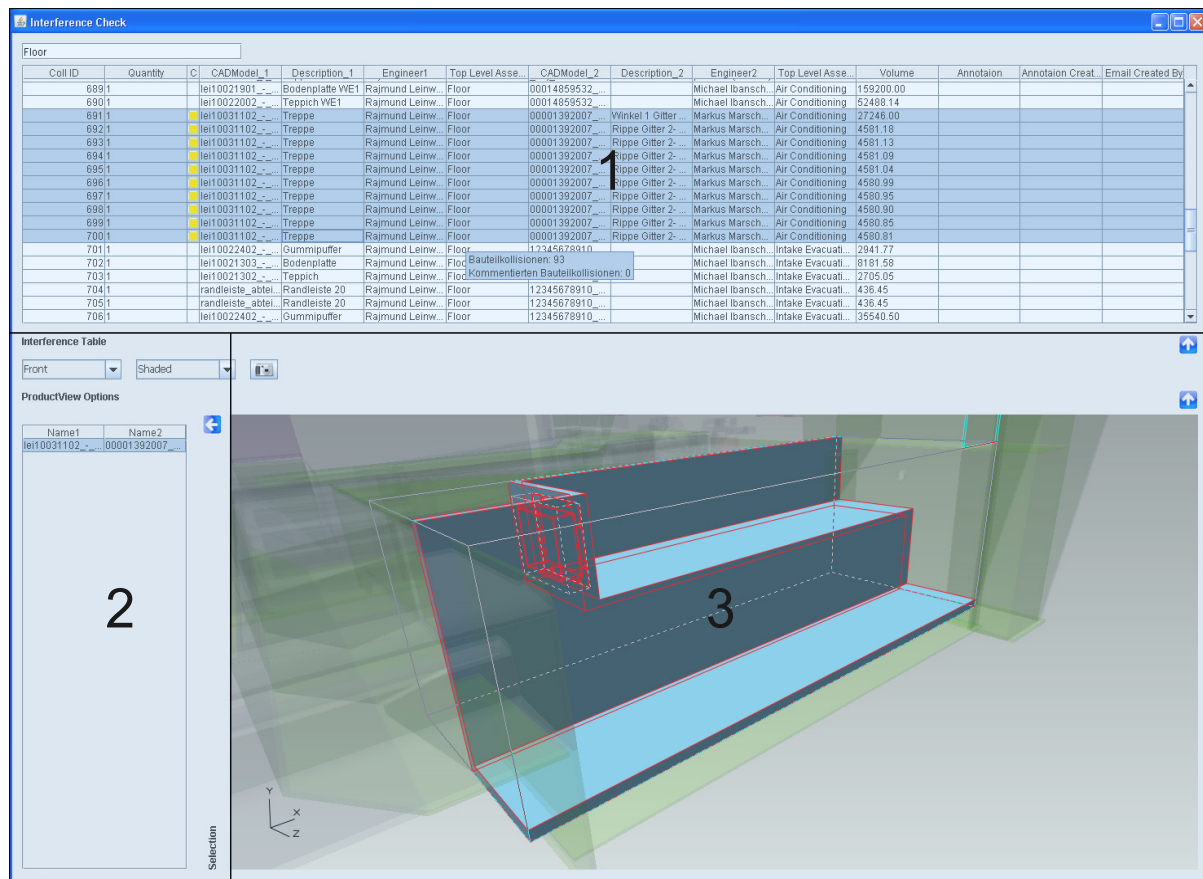


Abbildung 22: Sicht des Konstrukteurs

Tabellenbereich: In diesem Bereich (siehe Abbildung 22, Bereich 1) befinden sich die Bauteilkollisionen tabellarisch aufgelistet. Die Tabelle enthält die Namen der kollidierenden Bauteile, deren Kollisionsvolumen sowie die dazugehörigen Metadaten. Die Kollisionen werden bereits nach angemeldetem Anwender vorgefiltert dargestellt. Identische Kollisionen mehrerer Bauteile, z.B. Sitz mit Seitenwand, werden gruppiert und unter einer ID zusammengefasst. Die selektierten Kollisionen werden gleichzeitig im ProductView-Gesamtmodell angezeigt.

Um dem Anwender die Möglichkeit zu geben, die für ihn relevanten Ergebnisse zu priorisieren, können die Datensätze über ein Kontextmenü¹⁹ farblich gekennzeichnet werden. Das System sieht zusätzlich ein automatisches farbliches Kennzeichnen vor, dass je nach

¹⁹ Kontextmenü ist ein auf das aktuell selektierte Objekt angepasstes Menü, dass durch dessen Selektion mittels der rechten Maustaste neben dem Mauszeiger angezeigt wird.

4 Entwurf und Umsetzung

Status des Lebenszyklus einer Kollision den Datensatz entsprechend farblich markiert. So erhalten Kollisionen, die nicht länger als 7 Tage in der Datenbank bestehen, eine grüne, jene die seit 21 Tage in der Datenbank bestehen, eine gelbe und jene die länger als 21 Tage vorhanden sind, eine rot Markierung.

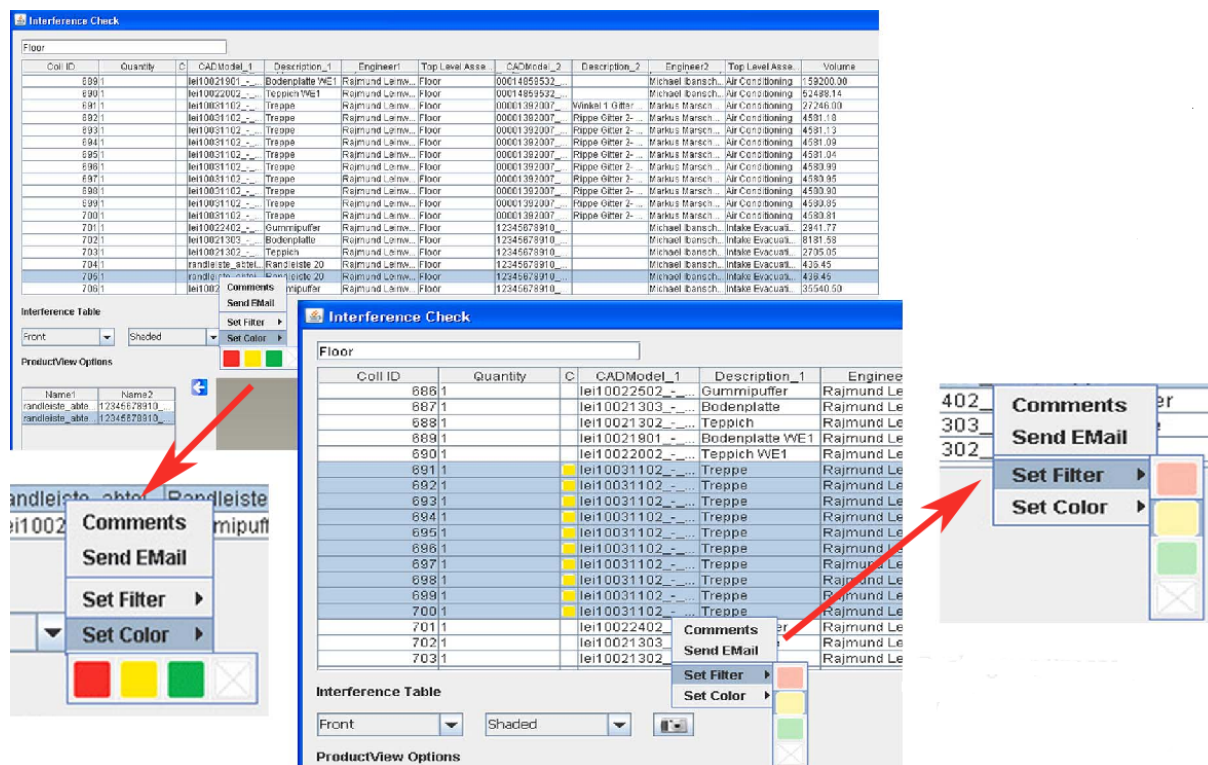


Abbildung 23: Farbmarkierung

Kollisionsauswahltabelle: Diese Tabelle (siehe Abbildung 22, Bereich 2) listet die Kollisionspaarungen auf, die im Gesamtmodell durch interferierender Bounding Boxen eine mögliche Kollision kennzeichnen. Wird eine Kollisionspaarung durch den Anwender selektiert, werden die beiden kollidierenden Bauteile im Viewing-Bereich dargestellt, vergrößert und der Drehmittelpunkt wird auf die Modellmitte des kleineren Modells gesetzt.

Viewing: In diesem Bereich (siehe Abbildung 22, Bereich 3) wird das ProductView Modell des Gesamtfahrzeugs gezeigt. Damit der Anwender schnell, die für ihn relevanten Informationen erhält, übernimmt das System einen Großteil der Steuerung.

- Einblendung kollidierender Teile: Sobald der Anwender eine oder mehrere Kollisi-

4 Entwurf und Umsetzung

onsdatensätze aus der Kollisionsauswahltabelle anwählt, werden die kollidierenden Bauteile eingeblendet. Wird der Datensatz wieder abgewählt, werden auch die Bauteile im Viewingbereich wieder ausgeblendet.

- Transparenz des Wagenkastens: Da die Position der kollidierenden Bauteile im Wagen eine wichtige Zusatzinformation für den Anwender ist, wird der Wagenkasten als Orientierungshilfe transparent dargestellt.
- Automatisches Anpassen der Ansicht: Sobald die kollidierenden Bauteile eingeblendet sind, wird der Fensterbereich so eingepasst, dass die beiden Bauteile ausreichend Platz finden.

Optionsbereich: In diesem Bereich kann der Anwender die ProductView Oberfläche steuern. Über das erste Auswahlmenü kann der Anwender die Ansicht auf das Modell einstellen (*Right - Ansicht von rechts* ist als Standard eingestellt, *Front - Ansicht von vorne*, *Top - Ansicht von oben*). Das zweite Auswahlmenü steuert den ProductView Anzeigemodus, der die ProductView Modelle schattiert, oder als Linienmodell darstellt.

Kommentieren beabsichtigter Bauteilkollisionen: Der Anwender muss beabsichtigte Bauteilkollisionen kommentieren. Um den Zeitaufwand der Kennzeichnung zu minimieren, stehen bereits vorgefertigte Beschreibungen zur Verfügung (siehe Abbildung 24). Der Anwender kann aber auch eine eigene Beschreibung formulieren und abspeichern. Die Kennzeichnung kann für mehrere Datensätze mittels Mehrfachselektion durchgeführt werden. Der Aufruf des Kommentierungsfensters erfolgt über das Kontextmenü.

4 Entwurf und Umsetzung

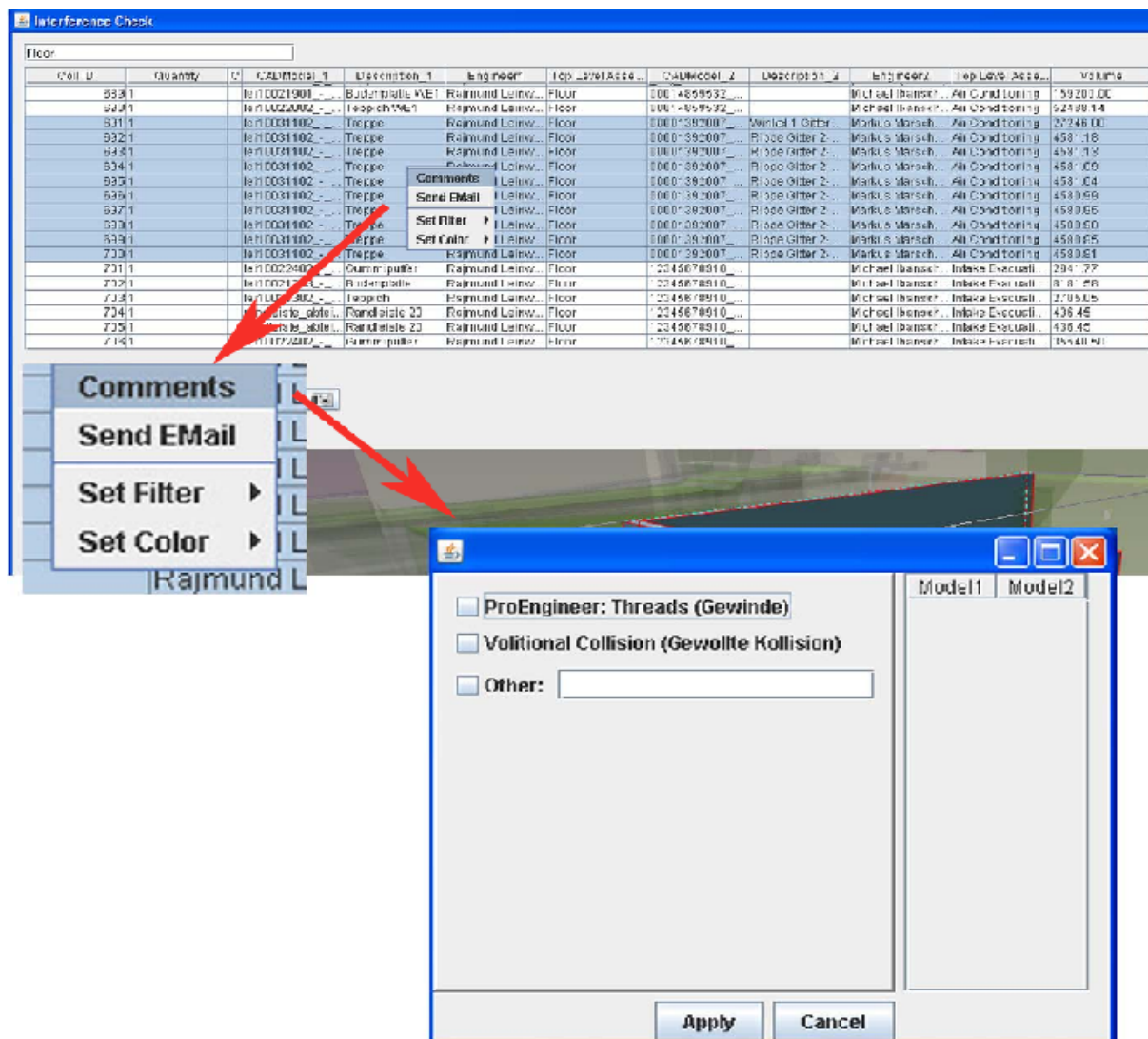


Abbildung 24: Kommentierungsfenster

Kommunikations-E-Mail: Die Kommunikations-E-Mail dient der direkten Kommunikation zwischen den Konstrukteuren. Um den Zeitaufwand gering zu halten, werden die bereits vorhandenen Metadaten vom System interpretiert und entsprechende Vorhausewahlen angeboten, sobald das Fenster über das Kontextmenü aufgerufen wurde.

- Empfänger: Als Empfänger der E-Mail werden die beiden Konstrukteure ausgewählt, die das kollidierende Bauteil als letztes geändert haben. Der Konstruktionsverantwortliche wird zwar aufgelistet, aber nicht standardmäßig zu der Empfängerliste hinzugefügt. Durch eine Checkbox kann der Anwender ent-

4 Entwurf und Umsetzung

scheiden ob die E-Mail dem Konstruktionsverantwortlichen ebenfalls zugesandt werden soll.

- **Standardtext:** Es wird ein standardisierter Text angeboten, welcher die Modellnamen der beiden kollidierenden Bauteile, sowie die Komponentennamen und deren Verantwortlichen in der sie verbaut sind, enthält.
- **Anhang:** Um die Situation einer Kollision besser zu erklären, kann ein gespeichertes ProductView Screenshot angehängt werden. Diese können über eine Tabelle, welche die vollständige Liste, der auf der Festplatte befindlichen, durch die Anwendung gespeicherten Bilder, ausgewählt und hinzugefügt werden.

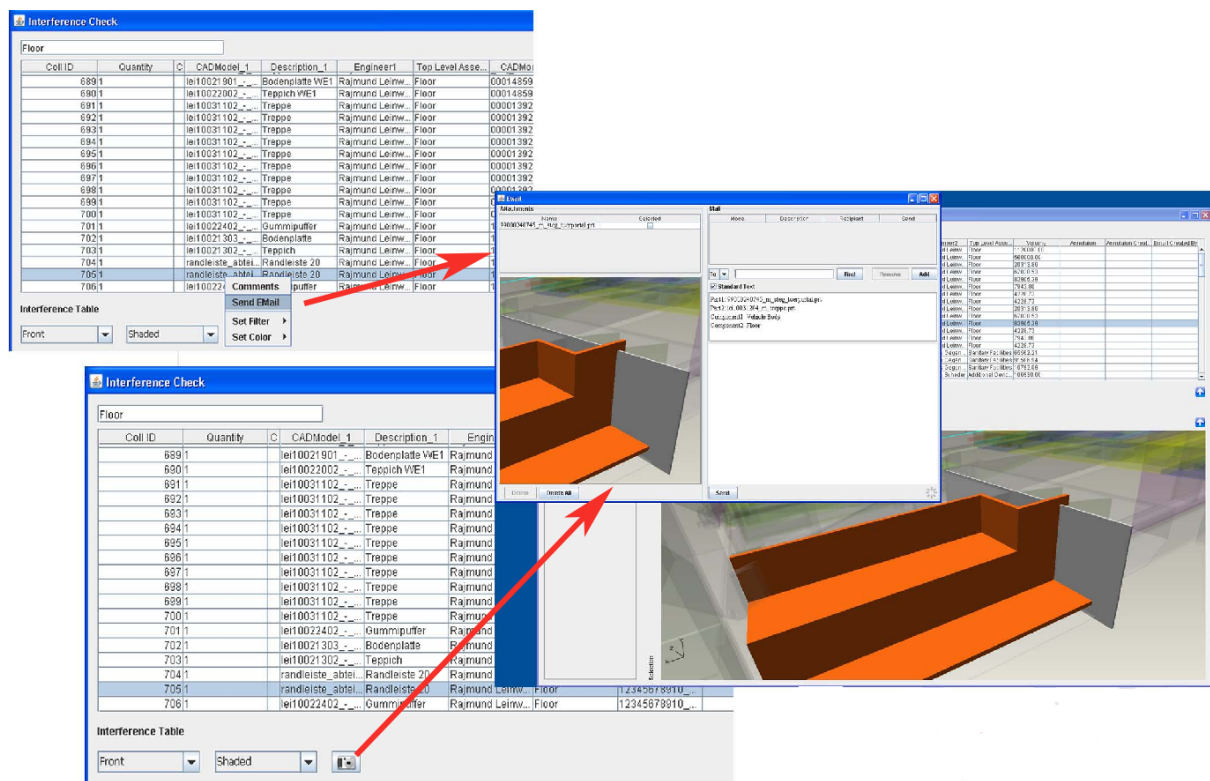


Abbildung 25: E-Mail Workflow

Bei der Versendung einer Informations-E-Mail wird der Absender im Datensatz gespeichert, damit die Projektleitung, die bereits in Klärung befindlichen Bauteilkollisionen, filtern können.

4.2.8 PPCE Controlling

Diese Sicht beinhaltet den Verlauf der Anzahl der Bauteilkollisionen. Diese Art der Ergebnisauswertung ist für die Projektleitung bestimmt, da durch Interpretation der Verläufe Rückschlüsse auf den Produktreifegrad gewonnen werden können. Darüber hinaus sollen Probleme in einem frühen Stadium der Produktentwicklung in einzelnen Arbeitspaketen erkannt und behoben werden.

Die zu analysierenden Komponenten werden über eine Auswahlbox in der Produktstruktur ausgewählt. Auskommentierte Kollisionen werden in dieser Sicht nicht berücksichtigt. Die Oberfläche gliedert sich in vier wesentliche Bereiche.

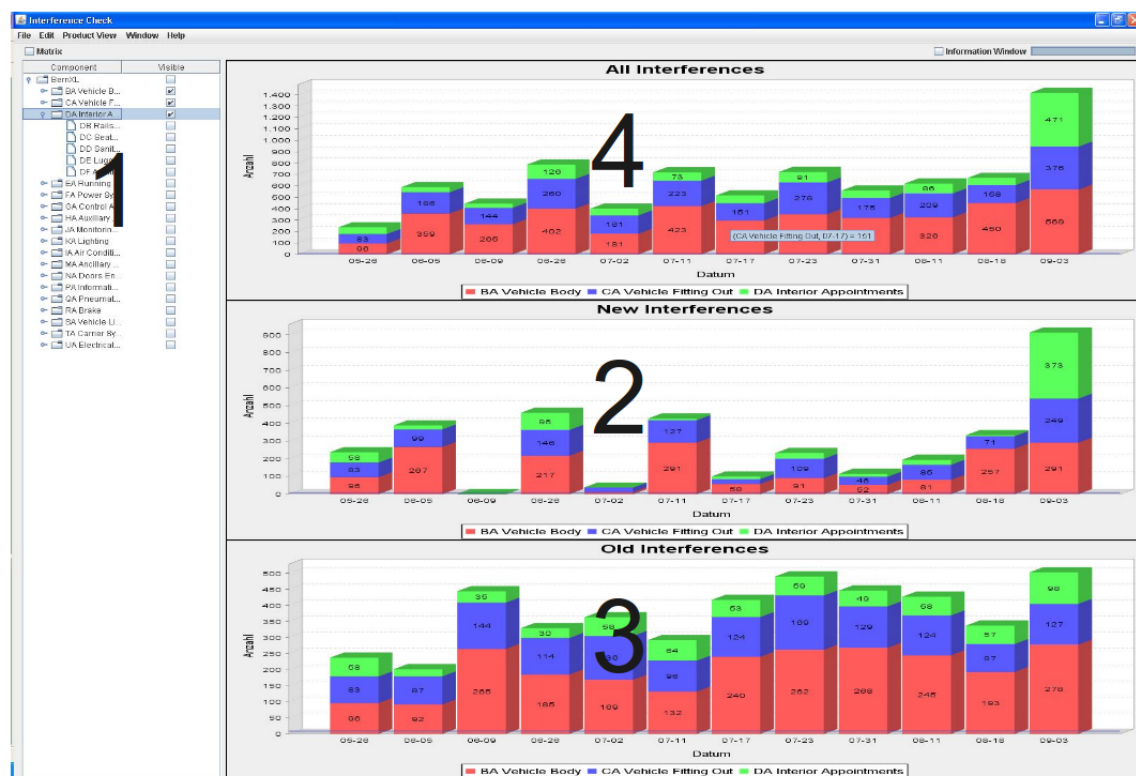


Abbildung 26: Sicht der Engineering Leitung

4.2.8.1 Strukturbaum

In diesem Bereich wird die gesamte Produktstruktur (siehe 2.2, S9) bis einschließlich der Grob-Struktur-Elementen angezeigt. Der Anwender erhält über die Auswahl einzelner Strukturelemente eine Darstellung der entsprechenden Bauteilkollisionen über den Projektverlauf.

4.2.8.2 Neue Kollisionen

Das Balkendiagramm *Neue Kollisionen* zeigt Bauteilkollisionen, die je Balken nicht älter als sieben Tage sind. Das bedeutet in jedem Balken werden nur jene Bauteilkollisionen angezeigt, die zu dem entsprechenden Zeitpunkt noch nicht in der Datenbank vorhanden waren.

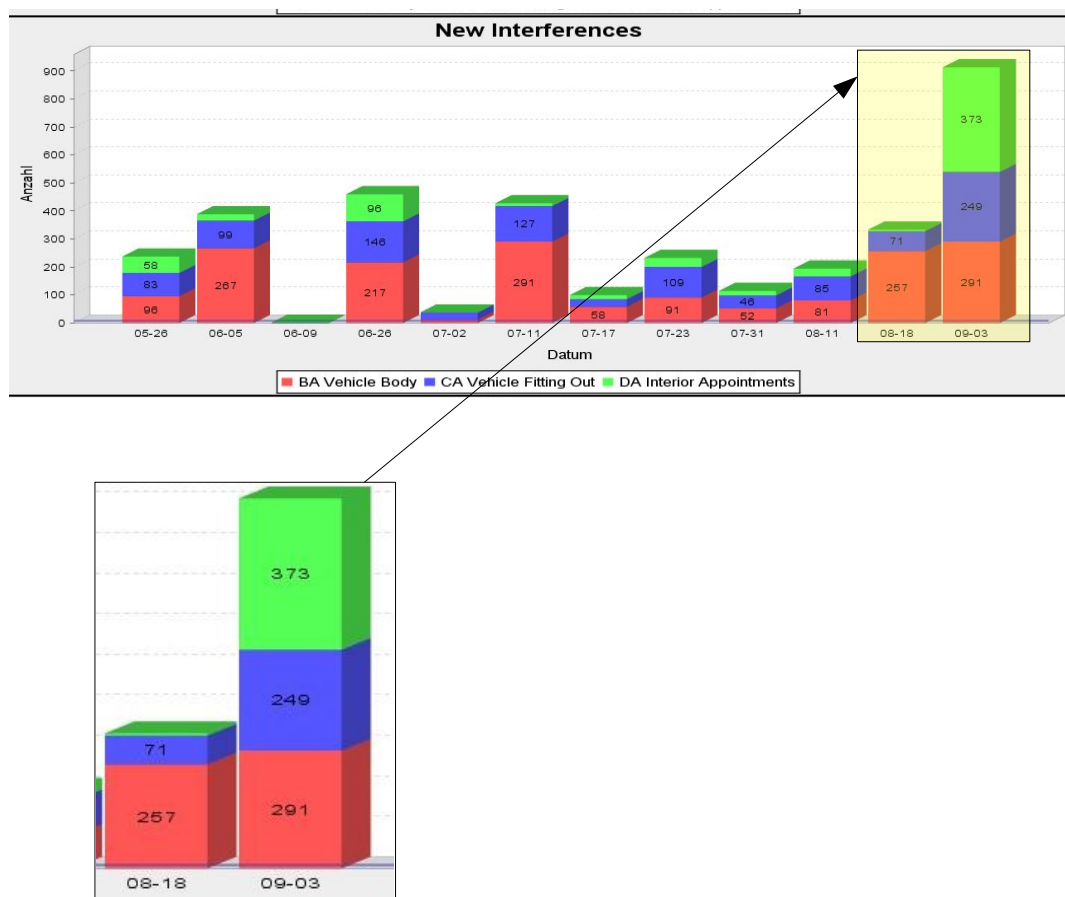


Abbildung 27: Verlauf neuer Bauteilkollisionen

4 Entwurf und Umsetzung

Aus dem Verlauf *Neue Kollisionen* können u.a. folgende Schlüsse gezogen werden.

Ein sprunghafter Anstieg neuer Kollisionen einer Komponente deutet auf ein neu eingebautes Modell hin (siehe Abbildung 27). Dies kann bedeuten, dass der Konstrukteur lokal im Workspace gearbeitet hat und seine Baugruppe erst zu diesem Zeitpunkt in der Produktstruktur verbaut hat. Dieser Vorgehensweise ist entgegenzuwirken, da dies in vorangegangenen Projekten Mehraufwand verursacht hat. Ein weiterer Grund kann sein, dass die Baugruppe zu einem erheblichen Anteil aus externen Modellen besteht (z.B. Übergang) und erst zu einem späten Zeitpunkt vom Hersteller geliefert wurde. Ist dies der Fall, entspricht dies der normalen Vorgehensweise und bedarf keiner weiteren Schritte.

Eine sprunghafte Degression neuer Kollisionen bedeutet, dass beim entsprechendem Lauf wenig neue Kollisionen gefunden wurden. Eine Ursache hierfür ist die Kommentierung der Bauteilkollisionen durch den Konstrukteur. Nach erfolgter Kommentierung werden die betroffenen Kollisionen nicht mehr ausgewiesen. Ein weiterer Grund ist ein nicht aufrufbares Modell im CAD-System. Hier müssen die Fehler umgehend von den Konstrukteuren beseitigt werden, da es nicht nur die Schnittstelle gefährdet, sondern zu zusätzlichem Aufwand bei den Umgebungsbaugruppen der angrenzenden Komponenten führt.

Ein kontinuierlicher ansteigender Verlauf ist zu erwarten, wenn sich das Projekt in einem frühen Entwicklungsstadium befindet. Sind die Schnittstellen definiert, muss der Verlauf wieder degressiv werden. Hat das Projekt bereits die Schnittstellendefinition erledigt, deutet der ansteigende Verlauf darauf hin, dass zu wenig Konstrukteure diese Baugruppe bearbeiten, bzw. Schnittstellenpartner nicht bekannt sind. Um dem entgegenzuwirken, müssen den Arbeitspaketen ausreichende Ressourcen zur Verfügung gestellt werden. Bei unbekannten Schnittstellenpartnern muss die Kommunikation über die Projektleitung optimiert werden.

Ein kontinuierlich degressiver Verlauf muss in der Schlussphase angestrebt werden. Es werden kaum neue Modelle eingebaut bzw. geändert, daher gibt es kaum neue Bauteilkollisionen.

4.2.8.3 Alte Kollisionen

Das Balkendiagramm *Alte Kollisionen* stellt jene Bauteilkollisionen dar, die je Balken länger als 7 Tage in der Datenbank gespeichert sind. Das heißt, jede Bauteilkollision wurde bereits bei einer vorangegangenen Prüfung erkannt.

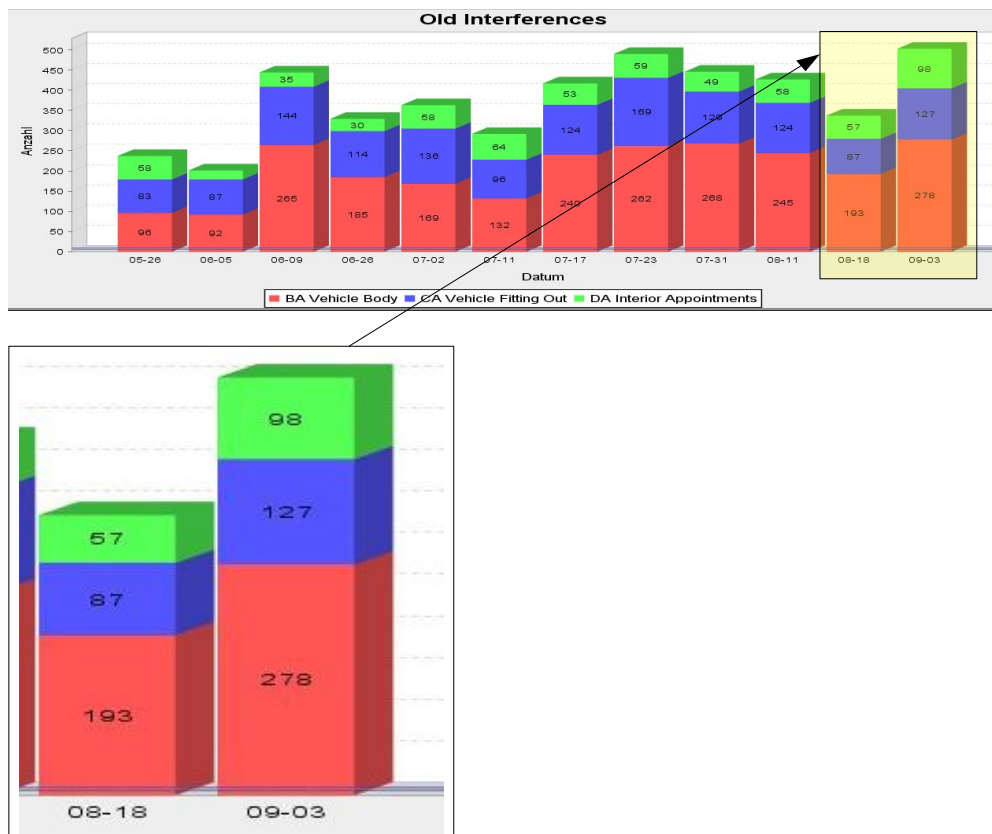


Abbildung 28: Verlauf alter Bauteilkollisionen

Der Verlauf *Alte Kollisionen* lässt folgende Schlussfolgerungen zu:

Ein kurzfristiger Anstieg von alten Kollisionen erlaubt den Rückschluss, dass in dem betrachteten Zeitraum die Bauteilkollisionen nicht bearbeitet wurden.

Wenig alte Kollisionen deuten auf eine gute Arbeitsweise hin, da die Kollisionen zeitnah behoben bzw. kommentiert wurden. Der Komponentenverantwortliche ist darauf hinzuweisen, die Kommentierungen seiner Komponente zu prüfen, um sicherzustellen, dass nur beabsichtigte Bauteilkollisionen kommentiert wurden.

4 Entwurf und Umsetzung

Eine kontinuierlich hohe Anzahl alter Kollisionen lassen auf andauernde Kapazitätsprobleme bzw. falsche Vorgehensweise schließen. Kapazitätsprobleme können durch zusätzliche Konstrukteure gelöst werden. Einer falschen Vorgehensweise ist durch Schulungsmaßnahmen entgegenzuwirken.

4.2.8.4 Alle Kollisionen

Dieses Balkendiagramm stellt eine aufsummierte Darstellung aus alten und neuen Kollisionen bereit, und bietet eine generelle Übersicht über den Zustand einer Komponente.

4.2.8.5 Matrix

Die Matrixdarstellung zeigt eine Übersicht der Bauteilkollisionen nach Komponentenpaarungen. Die Kollisionen der Komponentenpaarungen werden je nach Status des Lebenszyklus aufgelistet und bewertet. Besteht die Kollision länger als 4 Wochen, wird das jeweilige Feld rot markiert, gelb markierte Felder bedeuten, dass Bauteilkollisionen länger als 2 Wochen in der Datenbank vorhanden sind. Grüne Felder kennzeichnen jene Baugruppenpaarungen, deren Kollisionen binnen zwei Wochen gelöst wurden.

Components	RA Vehicle	RB Vehicle	RC Vehicle	RD Interior	RE Running	RF Power S	RG Control	RH Auxiliary	RJ Monitor	RK Lighting	RL Air Cond	RM Ancillary	RN Doors E	RP Informa	RQ Pneum	RR Brake	RS Vehicle	RT Carrier	RU Electric	RZ Wrong F
RA Vehicle	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00
RB Vehicle	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00
RC Vehicle	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00
RD Interior	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00
RE Running	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00
RF Power S	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00
RG Control	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00
RH Auxiliary	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00
RJ Monitor	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00
RK Lighting	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00
RL Air Cond	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00
RM Ancillary	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00
RN Doors E	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00
RP Informa	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00
RQ Pneum	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00
RR Brake	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00
RS Vehicle	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00
RT Carrier	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00
RU Electric	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00
RZ Wrong F	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00

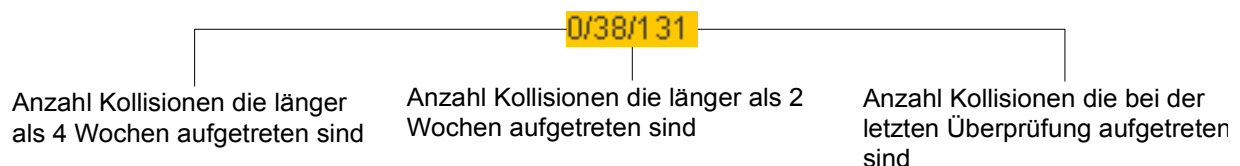


Abbildung 29: Matrixdarstellung

4.2.8.6 Excel- PDF-Report:

Die beiden Dokumente beinhalten eine strukturierte Darstellung der Bauteilkollisionen aller Wagentypen eines Projektes. Im Excel-File werden die einzelnen Komponenten als *Sheets* gruppiert und zur Übersicht jede zweite Zeile farblich markiert. Beim PDF-Report wird die Gliederung der Komponenten durch abgeschlossene Tabellen erreicht. Diese beiden Reports werden mit jeder Prüfung erzeugt und zum Download bereitgestellt.

4.2.9 Kollisionsabsicherungs-Prozess im Status-Meeting

Beim Status-Meeting muss für jedes Arbeitspaket die aktuelle Situation der Baugruppe anhand der Bauteilkollisionsverläufe bestimmt werden. Für das darauf folgende Status-Meeting muss die Projektleitung gemeinsam mit dem Komponentenverantwortlichen eine entsprechende Zielvereinbarung festlegen.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Gegenstand der vorliegenden Arbeit ist eine Optimierung der sehr komplexen Prozesskette der digitalen Produktentwicklung. Mit der Einführung des Packaging Prozesses zu Vermeidung von Bauteilkollisionen wird der eingangs aufgezeigten Problematik des Parallelisieren im Entwicklungsprozess Rechnung getragen.

Durch den im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Prozesses wird die Zusammenarbeit der organisatorisch und inhaltlich sehr unterschiedlichen Fachteams unterstützt. Die zeitnahe Bereitstellung von relevanten Informationen für alle beteiligten Anwender ist in diesem Zusammenhang ein wesentlicher Aspekt. Weiterhin werden Informationen generiert, die für ein effizientes Projekt-Controlling von großer Bedeutung sind.

Durch die Vermeidung von Iterationschritten beim Absichern von Schnittstellen im 3D-CAD wird der Konstruktionsprozess aus gesamtheitlicher Sicht optimiert. Zusätzlich werden durch den verbesserten Informationsfluss unnötig aufwendige Detaillösungen vermieden und die Planungsqualität deutlich erhöht.

Die Arbeit bildet damit die Grundlage für weiterführende, darauf aufbauende Methoden und Prozesse im immer mehr an Bedeutung gewinnenden Umfeld des Themenkomplexes Packaging.

Verzeichnis der Abkürzungen

PLM	Product Life-Cycle Management
PDM	Product Data Management
PTC	Parametric Technology Corporation
CAD	Computer Aided Design: Rechner unterstütztes Konstruieren
PDS	Product Development System: Produktentwicklungssystem

Literaturverzeichnis

- Bullinger, Hans-Jörg: Warschat, Joachim: Forschungs- und Entwicklungsmanagement – 1.Aufl. - Stuttgart: B.G. Teubner, 1997
- EN 15380-2:2006 Bahnanwendungen – Kennzeichnungssystematik für Schienenfahrzeuge – Teil 2: Produktgruppen ;
- Schuh, Günther:Produktkomplexität managen - 2. Aufl. - München: Carl Hanser Verlag, 2005
- Hab, Gerhard: Wagner, Reinhard: Projektmanagement in der Automobilindustrie - 2. Auflage – Wiesbaden: Gabler Verlag, 2006
- Derby Reference Manual Version 10.6:
<http://db.apache.org/derby/docs/dev/ref/refderby.pdf>, 22.04.2010

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Wien, den 23. April 2010

Georg Fleischmann